

GALILEO

rivista di informazione
attualità e cultura
degli ingegneri di padova

cento
novanta
sei





Soluzioni in movimento

*da 35 anni, in tutto il Triveneto
oltre 3.000 installazioni*



Godetevi il panorama tranquilli...

...alla vostra sicurezza ci pensiamo noi.



FONDAZIONI E
PAVIMENTAZIONI
STRADALI



RILEVATI STRADALI
E FERROVIARI



RINFORZO E
STABILIZZAZIONE



DRENAGGIO E
FILTRO



GEOSINTEX Srl - via Pacinotti, 9 Z.I. 36066 SANDRIGO VI - tel. +39 0444 750180 r.a. - fax +39 0444 750181 - www.geosintex.com - info@geosintex.com

GEOSINTEX tratta tutti i tipi di materiali GEOTESSILI e GEOSINTETICI ed è distributrice in esclusiva per l'Italia dei prodotti di PROPEX FABRICS, TELETXTILES AS e INTERMAS. L'obiettivo è di fornire materiali ed assistenza tecnica affinché ogni progetto nel campo dell'ingegneria civile ottenga il massimo dell'affidabilità nel tempo con il miglior inserimento possibile nell'ambiente.

Alcuni dei nostri prodotti: **PROPEX®** - **IBERGRID®** - **TELEVEV®** - **INTERDRAIN®** - **TRINTER®** - **FLEXITEX®**

KNAUF



L'arte di controllare il fuoco

Sistema Protezione Passiva

www.knauf.it





Anno XXI
n. 196
Giugno-Luglio 2010

In copertina: ©Megalooop.
Trent'anni di Tam Teatro-
musica.

Editore Collegio degli Ingegneri della Provincia di Padova, piazza G. Salvemini 2, 35131 Padova, tel-fax 0498756160, www.collegioingegneripadova.it, segreteria@collegioingegneripadova.it • **Direttore responsabile** Enzo Siviero, enzo.siviero@progeest.com • **Codirettori** Pierantonio Barizza, Pasqualino Boschetto • **Comitato di gestione** Fabio Bonfà, Gian Luigi Burlini, Enzo Siviero • **Comitato di redazione** Paolo Caporello, Stefano Casarotti-Todeschini, Guido Cassella, Paolo Foletto, Giuliano Marella, Paolo Monteforte, Sara Orio, Giorgio Romaro, Michele Sanfilippo, Giorgio Simioni, Francesco Spolaore, Filippo Squarcina, Pierangelo Valerio • **Impaginazione e redazione** Queen's Srl, via Zabarella 58, 35121 Padova, tel. 0498759328, redazione@galileo.191.it • **Pubbliche relazioni** Giorgia Roviario, tel-fax 0498070956, g.roviario@virgilio.it • **Stampa** La Photograph, via L. da Zara 8, 35020 Albignasego, Pd, telefono 0498625690, fax 0498625691 • Auto-rizzazione Tribunale di Padova n. 1118 del 15 marzo 1989 • Spedizione in abbonamento postale 45%, art. 2, comma 20/b, legge 662/96, Filiale di Padova • ISSN 1122-9160 • **Avvertenze** La Direzione non si assume alcuna responsabilità per eventuali danni causati da informazioni errate. Gli articoli firmati esprimono solo l'opinione dell'autore e non impegnano in alcun modo né l'editore né la redazione • **Tutela della privacy** Qualora siano allegati alla rivista, o in essa contenuti, questionari oppure cartoline commerciali, si rende noto che i dati trasmessi verranno impiegati a scopo di indagine di mercato e di contatto commerciale, ex D.L. 123/97. Si informano gli abbonati che il loro indirizzo potrà essere impiegato anche per l'invio di altre riviste o di proposte commerciali. È diritto dell'interessato richiedere la cancellazione o la rettifica, ai sensi della L. 675/96. **Norme generali e informazioni per gli autori** *Galileo* pubblica articoli di ingegneria, architettura, legislazione e normativa tecnica, attualità, redazionali promozionali. Viene inviato gratuitamente agli iscritti all'Ordine e al Collegio degli Ingegneri della provincia di Padova, nonché a persone, enti e istituzioni selezionati su tutto il territorio nazionale. Iscrizione annuale al Collegio, aperta anche ai non ingegneri: 30 Euro da versare sul c/c 473045, Banca di Credito Cooperativo di Sant'Elena, Agenzia di Padova, IBAN IT59J0884312100 000000473045. Gli articoli vanno inviati a: redazione@galileo.191.it. L'approvazione per la stampa spetta al Direttore che si riserva la facoltà di modificare il testo nella forma per uniformarlo alle caratteristiche e agli scopi della Rivista dandone informazione all'Autore. La proprietà letteraria e la responsabilità sono dell'Autore. Gli articoli accettati sono pubblicati gratuitamente purché non superino i cinquemila caratteri e le cinque illustrazioni. Per testi superiori viene richiesto un contributo spese da valutare volta per volta. I testi vanno forniti in formato elettronico WORD (.doc) non impaginato. Le immagini in formato digitale JPEG (.jpg) vanno fornite in file singoli separati dal testo: definizione 300 dpi e base max 21 cm. Bibliografia e note vanno riportate con numerazione progressiva seguendo l'ordine di citazione. Un breve curriculum professionale dell'autore (circa 60 parole) può essere inserito alla fine dell'articolo e comparirà nella stampa. Le bozze di stampa vanno restituite entro tre giorni dall'invio. Gli Autori possono ritirare gratuitamente tre copie della rivista presso il Collegio degli Ingegneri, ulteriori copie (2,50 Euro a copia) possono essere richieste alla Segreteria del Collegio degli Ingegneri, tel e fax 049 8756160, e-mail: segreteria@collegioingegneripadova.it.

Contenuti

Ripartiamo. Strategie e strumenti per la ripresa

Tiziano Nicolini

6

La statica della Cupola di Santa Maria del Fiore

Il contributo di Andrea Chiarugi

Claudio Borri, Michele Betti, Gianni Bartoli

10

Competenze di ingegneri e architetti per la protezione sismica del patrimonio storico architettonico

Carlo Blasi

16

Significato e prassi della nuova normativa antisismica

A cura di Claudia Pandolfo

19

L'Essenza del ponte in ciò che *non è* Divertimento sull'onda del MA

Alberto Parducci

20

A scuola di calcestruzzo

A cura di Gloria Meneghini

22

Riflessioni sul progetto di strutture con materiale composito rinforzato (FRP)

Giosuè Boscato, Salvatore Russo

26

Navata e galleria, tradizione ed evoluzione contemporanea dei grandi spazi mediani e longitudinali

A cura di Giorgia Roviario

32

La rivoluzione copernicana e la nascita della Dinamica

Lamberto Bertoli

34

Promozione dei mestieri d'arte applicati alla conservazione, recupero e manutenzione del patrimonio culturale. Un piano-programma

Angela Lombardo, Vittorio Ugo Vicari

38

Divagazioni

Oddone Longo

40

La serenità del paesaggio della Marca trevigiana riflessa nella pittura rinascimentale di due artisti veneti

Titti Zezza

42

Megalooop. Trent'anni di Tam Teatromusica

A cura di Giorgia Roviario

44

Ripartiamo Strategie e strumenti per la ripresa

Tiziano Nicolini

Presidente dell'ANCE Padova

ANCE
Padova

**Relazione
Assemblea Generale
Padova
9 luglio 2010**

Autorità, graditi ospiti, cari colleghi, porgo a tutti Voi un saluto cordiale di benvenuto e un vivo ringraziamento per la vostra numerosa partecipazione all'Assemblea annuale di Ance Padova.

L'incontro odierno cade in un momento particolarmente difficile per il nostro settore. Mentre il panorama economico del nostro Paese manifesta segnali di ripresa, anche se deboli, per contro il settore delle costruzioni non sembra avvertire alcuno stimolo. La crisi attuale ha colpito contemporaneamente tutti i comparti edilizi, da quello delle nuove abitazioni a quello del non residenziale, fino alle opere pubbliche. Dobbiamo superare un momento «epocale» di difficoltà.

Il rischio, se non saranno trovate rapide e adeguate risposte, è quello di veder continuare a scivolare su un piano inclinato innumerevoli nostre imprese con la perdita silenziosa, giorno dopo giorno, di posti di lavoro (sono già 137.000 in Italia e 800 in provincia di Padova).

Ma a noi imprenditori edili non mancano la determinazione, il coraggio e la volontà di continuare a fare impresa!

Siamo abituati a reagire e a guardare avanti consapevoli delle difficoltà del momento, ma anche del patrimonio di ricchezza che l'edilizia rappresenta per l'intera società.

In questo senso abbiamo inteso mettere al centro dei lavori odierni una tavola rotonda, con la partecipazione di autorevoli rappresentanti della politica nazionale e regionale, dei vertici dei principali Istituti di credito locali e dell'Ance nazionale, per esprimere la nostra volontà di far ripartire le costruzioni e di tornare a contribuire allo sviluppo del nostro territorio, sul presupposto dell'incontestabile ruolo anticiclico dell'edilizia.

Oggi la categoria avverte la necessità, non più rinviabile, di un clima di fiducia che consenta l'elaborazione di scelte finalizzate a realizzare le nuove e necessarie infrastrutture, a sviluppare le nostre città, a salvaguardare il patrimonio edilizio, garantendo nel contempo un futuro alle nostre imprese.

In questa situazione lo Stato deve fare la sua parte, rilanciando gli investimenti nelle opere pubbliche.

Stiamo, però, assistendo al fenomeno contrario per effetto del calo delle risorse stanziare. Tutto ciò mentre in altri paesi europei, a fronte di una forte riduzione della domanda privata, gli investimenti in lavori pubblici sono cresciuti grazie al varo di piani di opere piccole e medie approvati dai rispettivi Governi.

Vogliamo qui sottolineare, in modo deciso, che lo sviluppo del nostro territorio non è fatto solo di grandi infrastrutture, ma anche di tante piccole opere di minore impatto, in grado di migliorare la qualità della vita dei cittadini, come ad esempio la manutenzione dei centri urbani, la ristrutturazione degli edifici scolastici o le opere di difesa del suolo e dell'ambiente.

Tutto ciò l'abbiamo esposto al Ministro Matteoli, in occasione di una sua visita alla nostra Associazione nel marzo scorso, e non ci stanchiamo, nemmeno oggi durante questa Assemblea, di continuare a richiederlo ai rappresentanti di tutte le forze politiche presenti in Parlamento: le poche risorse disponibili vanno equamente suddivise tra grandi, medie e piccole opere.

Basta con il drenaggio delle risorse disponibili a favore delle sole grandi opere!

La rigidità del Patto di Stabilità ha scaricato di fatto sul nostro settore le misure di contenimento della spesa pubblica, generando intollerabili ritardi nei pagamenti.

La categoria dei costruttori chiede solo che le amministrazioni onorino gli impegni assunti nei contratti!

Occorre allentare il Patto di Stabilità almeno per quegli Enti virtuosi, con bilancio annuale attivo, consentendo così di realizzare gli investimenti programmati.

Per superare i vincoli e, comunque, mantenere in vita le aziende, i costruttori sono

propensi a valutare la possibilità di accettare dilazioni nei pagamenti, sempreché le clausole relative vengano disciplinate nel bando di gara, in modo che nel prezzo offerto possa essere valutato correttamente anche l'onere finanziario. Le banche dal conto loro dovrebbero assecondare i nuovi modelli contrattuali.

Non possiamo, inoltre, sottrarci come categoria a una riflessione su strumenti di finanziamento alternativi a quelli pubblici tradizionali, puntando, prima di tutto, ad ottimizzare le operazioni di partenariato pubblico-privato, oltre alla finanza di progetto e al *leasing in costruendo*.

Le nostre richieste per quanto concerne gli appalti pubblici sono note da tempo: l'adozione di un sistema di norme chiare, semplici, che consentano di accelerare i tempi decisionali; la riduzione del numero delle stazioni appaltanti (senza che ciò determini poi un gigantismo della domanda) attraverso un loro accorpamento; la reintroduzione della possibilità di procedere all'esclusione automatica delle offerte sopra la soglia di anomalia, ora ammessa solamente per gli appalti di importo inferiore a un milione di euro. Contro il fenomeno dei massimi ribassi un valido aiuto per le Amministrazioni potrebbe essere costituito dall'attivazione dei Comitati Provinciali per la valutazione delle offerte anomale previsti dalla Legge Regionale n. 17/2003. Agli autorevoli rappresentanti della Regione ricordiamo che le imprese specializzate nel settore dei lavori pubblici rappresentano circa il 50% di quelle appartenenti all'industria delle costruzioni nel Veneto. È perciò evidente come le decisioni degli amministratori regionali determinino fortemente le sorti di queste aziende.

C'è un settore, in particolare quello della difesa del suolo, di estrema attualità alla luce dei fenomeni meteorologici particolarmente intensi degli ultimi anni, che hanno portato in primo piano la necessità di impellenti interventi di prevenzione del rischio idrogeologico. Le risorse sono scarse e perciò invitiamo ad investire di più in tale ambito.

Diviene inoltre fondamentale dare vita a una «Legge obiettivo per la Regione Veneto», sul modello di quella statale, che consenta di intervenire e promuovere progettualità di interesse regionale con le caratteristiche di rapidità e di agilità burocratica, creando le condizioni per colmare le carenze di infrastrutture che penalizzano la competitività del territorio.

Alla Regione Veneto chiediamo un forte impegno di sensibilizzazione nei confronti degli Enti locali affinché venga adottata la procedura negoziata per gli appalti di importo inferiore a 500.000 Euro.

Un altro fronte verso il quale rivolgiamo lo sguardo è quello del mercato privato.

Non possiamo innanzitutto fare a meno di tornare a evidenziare un'urgente questione legata alla disciplina dell'accesso al settore.

Non è ammissibile che qualsiasi soggetto «improvvisato» possa iniziare l'attività di costruttore: è indispensabile una qualificazione per fare ingresso nel mercato.

Attendiamo dunque l'approvazione, al più presto, del disegno di legge presentato dall'onorevole Stradella per la disciplina dell'accesso all'attività di imprenditore edile. Noi desideriamo promuovere un mercato più trasparente, ove sia garantita la sicurezza di tutti coloro che operano e lavorano nel settore dell'edilizia, nonché la tutela dei consumatori in qualità di utenti finali del bene-casa.

A tutti è noto che la Legge Regionale n. 14/2009 sul Piano Casa si annunciava, al momento della sua approvazione, come uno strumento di ripresa del mercato delle costruzioni.

Una scossa per far ripartire la domanda e l'occupazione e, nel contempo, per rinnovare gli edifici nel segno di un'edilizia sostenibile. L'impatto della legge era potenzialmente molto forte. Quello che poteva essere un valido strumento nella realtà si è rivelato una delusione a causa dei troppi vincoli e restrizioni imposti dai Comuni, come confermato dai dati a nostra disposizione.

Anche Veneto ha recentemente prospettato alla Regione la necessità di una modifica alla legge, proponendo di assicurare un *bonus* agli interventi di sostituzione edilizia con ricostruzione realizzata secondo le tecniche di sostenibilità, anche laddove a essere demolita sia solamente una parte funzionale dell'edificio e non tutto, e di modifica della destinazione d'uso dei fabbricati situati in zone improprie.

Per far ripartire il nostro settore occorre usare anche la «moneta urbanistica».

Siamo consapevoli che sulla materia del governo del territorio è necessaria una più attenta e sensibile pianificazione di crescita di medio-lungo periodo, che garantisca al territorio stesso uno sviluppo sostenibile e di spessore qualitativo. Il Piano Territoriale Regionale di Coordinamento definito dalla Regione del Veneto risponde certamente a questa esigenza, rappresentando il principale strumento di governo del territorio. Occorre, però, che la Regione avvii una celere applicazione delle indicazioni contenute nel PTRC, consentendo così di sbloccare la pianificazione urbanistica dei nostri comuni e fornendo impulso alla realizzazione di quelle infrastrutture che ancora mancano nella nostra Regione, per integrarsi a pieno titolo con le reti di scambio dei paesi europei confinanti, in modo da assicurare quel corridoio di passaggio lungo la direttrice Nord-Est.

Desideriamo fare un cenno ai rapporti non sempre semplici tra gli istituti di credito e il nostro mondo.

Non chiediamo certo alle banche di rinunciare a fare il loro mestiere e dimenticarsi di essere a loro volta imprese.

Compito delle banche è spezzare il circolo vizioso che crea difficoltà al finanziamento. Non concedere linee di credito a imprese che presentano piani finanziari validi, significa provocare un'ulteriore diminuzione della produzione, oltre che soffocare opportunità di crescita dell'economia.

Il vero problema è che Basilea 2 ha fallito l'obiettivo di creare un rapporto più stretto tra banche e imprese. Da un'indagine dell'Ance risulta che per il 50% il rating delle associate non rispecchia l'effettiva rischiosità e che per l'85% non c'è stata possibilità di confronto con la banca.

Siamo tuttavia dell'avviso che la via maestra nell'affidamento del credito, in un momento di difficoltà, sia quella di valutare le nostre imprese anche per quello che hanno espresso nel loro passato, attraverso quindi una lettura non puramente tecnica del rating, ma tenendo in considerazione anche la storicità delle imprese stesse.

Parlando dello strumento fiscale osserviamo che nel corso degli ultimi anni vi è stata una vera e propria rivoluzione della tassazione immobiliare, con provvedimenti che, anziché utilizzare la leva fiscale come strumento di sviluppo e propulsione del mercato, si sono tradotti in un aggravio dei costi tributari e in un sovraccarico di adempimenti sotto il profilo operativo.

Siamo stupefatti di sottolineare le tante incongruenze che il settore paga ad un fisco non adeguato al sistema.

È fuor di dubbio che oggi il settore immobiliare delle costruzioni sia sotto assedio fiscale. Ci riferiamo, in particolare, alle norme del decreto Bersani-Visco che obbligano le imprese a restituire l'Iva detratta sui contratti dei fornitori e dei su-

bappaltatori, nel caso in cui l'immobile non venga venduto entro quattro anni dalla sua ultimazione. L'ex Ministro Visco si era ispirato al sistema francese, ma il Governo parigino, proprio pochi mesi fa, ha consentito agli imprenditori edili di scegliere la soluzione più consona al loro mercato prevedendo, per opzione, la deducibilità d'imposta anche dopo i quattro anni.

Ancora attendiamo di ottenere una «cedolare secca» per i redditi da locazione dei fabbricati e la previsione di detrazioni Irpef per l'acquisto di immobili destinati a prima casa. Il sistema delle costruzioni, per il suo peso specifico nell'economia nazionale e locale e per la lunghezza della sua filiera, rappresenta un settore cruciale per contrastare la difficile situazione economica in cui versa il Paese.

Il mercato che verrà sarà sempre più complesso, richiederà maggiori risorse finanziarie, maggiori capacità progettuali, maggiori conoscenze tecnologiche.

C'è la necessità del contributo di tutti gli attori coinvolti nel processo realizzativo delle costruzioni: la politica, le banche, le imprese, i professionisti. Una grande alleanza, dunque, in cui comprendere anche i rappresentanti del mondo del lavoro, nell'ottica di tutelare la presenza sul mercato di imprese regolari e di estromettere quei soggetti economici che non rispettano le regole di una corretta concorrenza.

Vogliamo far emergere le molte capacità di cui è ricca la nostra regione per coinvolgerle nell'elaborazione di progetti sul futuro economico e sociale che riguarda tutti.

Noi, costruttori veri, vogliamo essere uno sprone, un supporto propositivo, lanciando la proposta di un vero e proprio «Patto per la crescita», ribadendo la centralità ed il peso economico delle costruzioni.

Puntiamo a una nuova stagione dell'edilizia, caratterizzata da qualità e innovazione. Dobbiamo, come categoria, renderci tuttavia conto che la qualità non è solo una parola, ma deve essere declinata nella pratica attraverso un nuovo modello di impresa. Per ripartire abbiamo bisogno di nuove regole, di riforme, di alleanze.

Alla politica rinnoviamo la richiesta di semplificazioni burocratiche, di celerità di decisione, di un fisco a sostegno dello sviluppo. Non è immaginabile che i nostri politici non ci seguano. Siamo ottimisti!

Alle banche chiediamo di essere a nostro fianco nel «Patto per la crescita» e attribuire maggiore importanza agli aspetti qualitativi dell'impresa (storicità, professionalità, esperienza del *management*), limitando gli automatismi provenienti dai sistemi informatici, in modo che il costruire diventi il risultato di scelte di investimento condivise. E un desiderio: che il rapporto Banca/Impresa non sia di conflitto, ma di collaborazione! Da parte nostra siamo consapevoli che il futuro mercato delle costruzioni non potrà più ricalcare i modelli del passato.

Non intendiamo sottrarci al cambiamento; anzi siamo pronti ad assumere nuove responsabilità come imprese e come sistema associativo Ance.

I nostri nuovi traguardi, lo ripetiamo, sono la qualità, l'innovazione, le fonti rinnovabili, il risparmio energetico, la tutela dell'ambiente, la professionalità: insomma un nuovo ruolo del costruttore, non più mero esecutore, bensì parte attiva del processo di qualità del costruire. Noi siamo pronti a fare la nostra parte!

Ora non possiamo sottrarci dal fare qualche considerazione sullo sviluppo della nostra città.

Ci sono alcuni temi che meritano di essere citati.

Il futuro ospedale di Padova

L'argomento è stato oggetto di un vivacissimo dibattito fino al momento delle elezioni regionali. Oggi non se ne parla più. Che fine ha fatto? Siamo favorevoli alla creazione di questa nuova realtà fuori dal centro storico di Padova; la città va liberata da un polo che attira giornalmente 40.000 persone. Riteniamo che sia un'occasione da non perdere per creare un centro scientifico di prestigio e di grande funzionalità, valorizzando la professionalità medica e la fama della nostra Università.

Il Gra

Crediamo che l'opera debba avviarsi rapidamente, scollegandosi dalla questione *Camionabile*, consentendo così di portare a termine l'originario progetto.

L'Auditorium

Ci sono state numerose prese di posizione a favore o meno della sua localizzazione o addirittura sulla priorità di realizzare altri progetti in alternativa ad esso. Siamo dell'avviso che il Sindaco abbia la forza per andare avanti nella sfida intrapresa. L'area c'è, il progetto c'è, il finanziamento pure. Certamente il vincolo sui due edifici che insistono sull'area Boschetti andrebbe eliminato, in quanto esso limita notevolmente la buona riuscita dell'opera. Dobbiamo tutti insieme impegnarci in tal senso. La conservazione dell'esistente non può, sempre e comunque, essere di ostacolo al nuovo. Bisogna avere il coraggio di osare: solo così si *costruisce* il futuro. L'Auditorium dovrà essere una struttura polivalente per rispondere anche alla domanda di congressualità, al fine di raggiungere una gestione economica equilibrata. L'ubicazione dell'Auditorium nell'area di piazzale Boschetti rappresenta un'occasione unica di riqualificare tutto il contesto esistente, attribuendo una nuova centralità alla musica e alla cultura. Riteniamo che la soluzione proposta sul piano progettuale sia assolutamente originale, consentendo all'Auditorium di divenire un centro di attrazione per il mondo musicale e per la molteplicità di utenze che vi convergeranno. Avrà la funzione di forte richiamo per il turismo e, se ben gestito, trasformerà gli investimenti pubblici e privati in benefici per l'intera collettività.

Nuovo Centro Congressi

Nell'ottica di dotare Padova di una struttura congressuale di notevole capienza ad integrazione delle strutture esistenti o in progetto, riteniamo che si possa procedere purché ci siano convergenze tra le parti ed un equilibrio finanziario e gestionale.

Via Anelli

Deve sparire dalla toponomastica della città. La prospettiva di una riqualificazione della sola area ove sono presenti le palazzine degradate appare illogica. Siamo favorevoli alla riqualificazione in un ambito più esteso, fino a comprendere il Centro Giotto e oltre. Un'area interessante dove potrebbe sorgere, ad esempio, un campus universitario, data l'importanza che l'Università riveste per Padova.

La nuova Questura

È noto che l'attuale sede risulta inadeguata rispetto alle esigenze di ordine pubblico della città e della stessa utenza. Crediamo che i tempi siano maturi per la sua definitiva localizzazione in zona stazione.

Gli imprenditori associati qui presenti sono pronti a ripartire con entusiasmo in un'attività complessa e affascinante qual è quella del Costruttore Edile.

Grazie. •

Soluzioni e servizi per sistemi di sicurezza



Progettazione su misura

Ascoltiamo le Vostre necessità
per proporvi la migliore soluzione
nel rispetto delle normative

Assistenza a 360°

Presenti al vostro fianco
per consigliarvi dall'installazione
al collaudo finale



Ci prendiamo cura del vostro
investimento e ne garantiamo la funzionalità
rinnovandolo nel tempo

Manutenzione qualificata

Servizio tecnico specializzato per
start-up, programmazione,
ricerca guasti e corsi d'istruzione

Messa in servizio specializzata



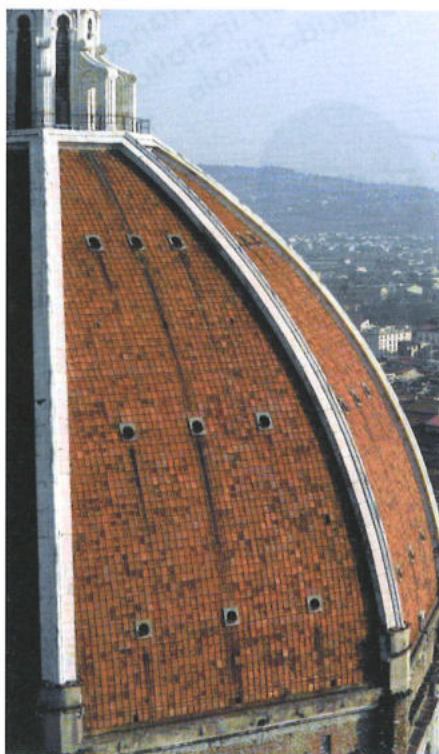
La statica della Cupola di Santa Maria del Fiore

**Il contributo
di Andrea Chiarugi**

Claudio Borri, Michele Betti
Gianni Bartoli

Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale (DICEA)
Università degli Studi di Firenze

Questo lavoro è dedicato ai pionieristici contributi sul comportamento strutturale della Cupola del nostro Maestro prof. Andrea Chiarugi, il cui insegnamento ha rappresentato una guida per tutti noi.



1. Cupola di Santa Maria del Fiore, vista dal campanile di Giotto.

1. Introduzione

Nella memoria vengono riportati alcuni risultati riguardanti l'identificazione del funzionamento statico della Cupola di Santa Maria del Fiore di Firenze, dichiarata patrimonio UNESCO (insieme al centro storico della città) nel 1982. La Cupola, come ben noto, è interessata da un articolato quadro fessurativo la cui origine ha trovato spiegazione negli anni '80 del secolo passato grazie ai risultati delle ricerche (e delle intuizioni) del prof. Andrea Chiarugi.

Al prof. Chiarugi si deve, fra l'altro, il primo modello numerico della Cupola¹. Il modello, costruito adottando il codice di calcolo FIESTA (messo a punto dall'ENEL-CRIS Milano), fu realizzato allo scopo di validarne le intuizioni sul funzionamento statico per effetto del peso proprio. Lo stesso modello fu poi utilizzato per i primi studi sulla risposta termica indotta dai cicli stagionali.

Le analisi, oltre a confermare le intuizioni di A. Chiarugi, permisero in aggiunta di escludere sia le variazioni termiche (così come invece aveva indicato la Commissione Nervi negli anni '30) sia i cedimenti fondali (come aveva ipotizzato Ximenes nella seconda metà del Settecento) come causa scatenante delle lesioni ponendo fine a una questione che perdurava, in sostanza, fin dalla costruzione della Cupola stessa.

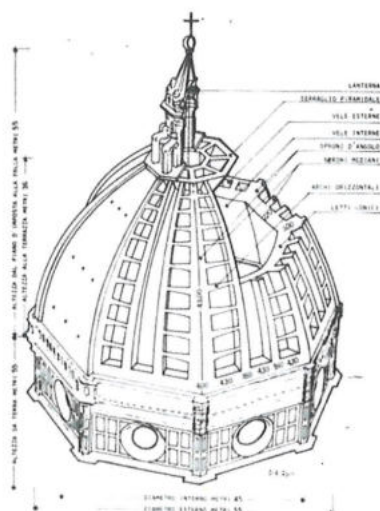
Successivamente, negli anni '90, sono stati sviluppati altri modelli numerici, parallelamente a una campagna di indagini sperimentali *in-situ* (la Soprintendenza ai Beni Ambientali ed Architettonici, nel 1987 aveva incaricato l'ISMES, Istituto Sperimentale Modelli e Strutture, di Bergamo di installare un sistema di monitoraggio automatico che è attivo dal gennaio 1988)². Tra questi, ricordiamo il modello realizzato da Borri *et al.*³ utilizzando il codice di calcolo ANSYS: il modello, pur non considerando l'intercapedine tra le due calotte e le cappelle laterali, fu utilizzato per condurre analisi parametriche sul valore del modulo di elasticità delle murature utilizzando come parametro di controllo l'ampiezza di alcune fessure. Un altro modello, sempre negli stessi anni, fu realizzato utilizzando il codice di calcolo FEMAS90, attraverso l'impiego di elementi finiti piani⁴: il modello, nonostante le forti semplificazioni geometriche, consentì di cogliere gli aspetti principali nelle variazioni di ampiezza delle lesioni legati all'effetto delle variazioni termiche, permettendo di ritrovare, in maniera sufficientemente corretta, gli stessi andamenti rilevati sperimentalmente circa le escursioni massime di ampiezza nell'apertura delle lesioni.

Nel lavoro, dopo avere ricordato il quadro fessurativo quale oggi si presenta, unitamente al suo sviluppo storico per quanto ricavabile dalle fonti documentali, vengono riassunte le analisi e i risultati ottenuti dal gruppo di ricerca coordinato dal prof. Chiarugi in merito all'interpretazione dell'origine del quadro fessurativo. A conclusione sono presentati alcuni risultati recenti sul tema dell'identificazione statica.

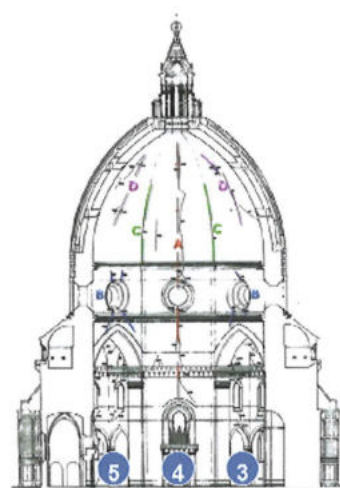
2. Lo stato fessurativo

La Cupola di Santa Maria del Fiore (figura 1), opera di Filippo Brunelleschi (1377-1446), si presenta come una struttura composta dall'accoppiamento di due distinte calotte a base ottagonale: una calotta interna, che ripercorre il perimetro del tamburo sottostante e che ha funzione propriamente strutturale, ed una calotta esterna (di minore spessore) che assolve la funzione di protezione della prima dagli agenti atmosferici (figura 2). Lo spessore della calotta interna è costante (circa 2.20 m), mentre quello della calotta esterna è variabile tra 0.80 m (all'imposta, in prossimità dell'attacco con il tamburo) e 0.40 m (in sommità,

Gli autori desiderano ringraziare la Soprintendenza per i Beni Architettonici, Paesaggistici, Storici, Artistici ed Etnoantropologici per le province di Firenze, Pistoia e Prato, per i dati messi loro a disposizione.

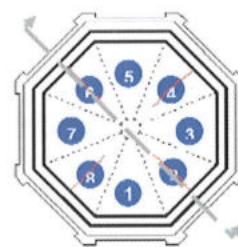


2. Spaccato della Cupola (con, in evidenza, gli sproni mediani e angolari).



3. Il sistema fessurativo.

- Lesione di tipo A
- Lesione di tipo B
- Lesione di tipo C
- Lesione di tipo D



in prossimità del Serraglio). Tra le due calotte è presente un vano, tramite il quale si ha accesso alla lanterna, di larghezza pari a circa 1.20 m. Le calotte sono tra loro connesse mediante un articolato sistema di sproni: due sproni sono presenti su ognuno degli 8 settori (vele) che compongono la Cupola, otto ulteriori sproni (angolari) sono posti in corrispondenza degli angoli tra le otto vele. Gli sproni interni hanno, alla base, una larghezza di 1.70 m e si rastremano muovendosi verso la sommità. Gli sproni angolari, posti a connessione delle vele, hanno una larghezza doppia rispetto a quelli intermedi (3.4 m) e anche essi si rastremano procedendo verso il serraglio. A loro volta gli sproni sono connessi, nel piano dei paralleli, mediante un sistema di 144 arconi (18 per ogni vela) distribuiti su nove livelli (figura 2).

La Cupola è interessata da un complesso insieme di plessi fessurativi che si ripete con caratteristiche di regolarità^{5,6}. Adottando la convenzione di numerare gli 8 settori della Cupola da 1 (vela in corrispondenza della Navata) a 8 in senso antiorario, è possibile osservare che le vele pari (vele situate sopra i piloni di sostegno del tamburo) sono interessate da un sistema di lesioni passanti pressoché verticali che le divide a metà, mentre le vele dispari (vele in corrispondenza degli arconi) sono caratterizzate da un sistema di fessure non passanti e di limitata ampiezza, poste tra il primo e il secondo occhio interno, all'intradosso della mezzeria di tali vele. Ulteriori fessure non passanti sono presenti in corrispondenza della parte interna degli sproni angolari; altre infine si trovano in prossimità degli occhi del tamburo e presentano un'inclinazione rispetto alla verticale (figura 3). Il sistema delle fessure è stato così classificato⁵:

Lesioni tipo A: quattro lesioni passanti nella mezzeria delle vele pari con andamento prevalentemente verticale; esse si sviluppano dalla quota di estradosso dei quattro piloni fino a circa 2/3 dell'altezza della Cupola. La massima ampiezza di queste lesioni viene raggiunta fra gli occhi del tamburo e l'imposta della Cupola (circa 5.5-6 cm per le lesioni presenti sulle vele 4 e 6; circa 2.5 cm sulle vele 2 e 8, quelle più vicine alla navata).

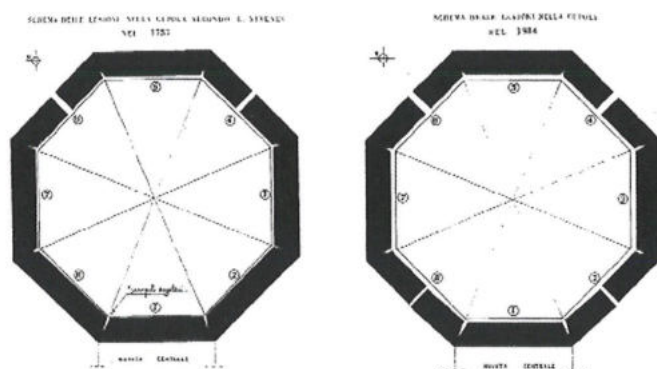
Lesioni tipo B: lesioni inclinate di circa 60° rispetto all'orizzontale prossime agli occhi del tamburo sopra gli arconi (vele dispari); esse sono presenti sia sopra sia sotto tali occhi e la loro entità è modesta.

Lesioni tipo C: lesioni verticali (di ampiezza minore rispetto alle A) presenti negli angoli tra le vele e non passanti all'interno; si sviluppano a partire dall'imposta della Cupola.

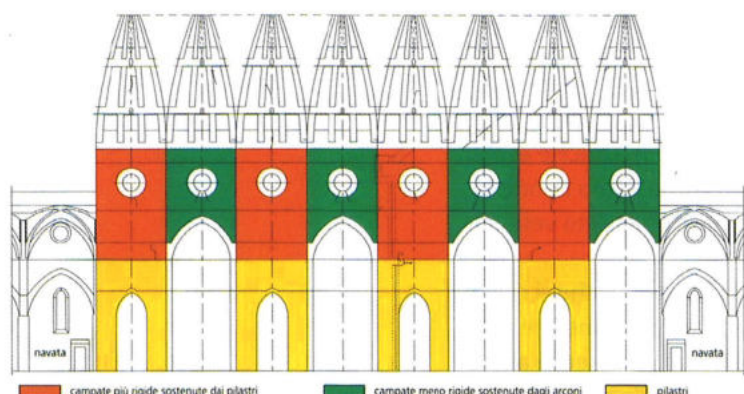
Lesioni tipo D: quattro lesioni verticali non passanti presenti nelle zone di mezzeria delle vele dispari nello spazio compreso fra la prima e la seconda serie di occhi interni.

Questa è la situazione del quadro fessurativo quale si presenta oggi. Un'estesa serie di riferimenti indiretti (affreschi, stucature, ecc.) mostra come questo siste-

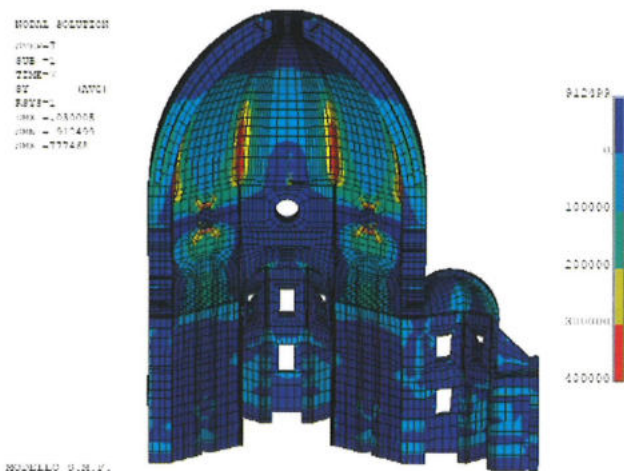
1. A. Chiarugi, M. Fanelli, G. Giuseppetti, «Analysis of a Brunelleschi-Type Dome Including Thermal Loads», *IABSE Symposium on Strengthening of Building Structure, Diagnosis and Therapy*, Zurigo 1983, 169-178.
2. G. Bartoli, A. Chiarugi, V. Gusella, «Monitoring systems on historic buildings: the Brunelleschi Dome», *Journal of Structural Engineering*, 1996, 122(6), 663-673.
3. C. Borri, C. Blasi, S. Chiostrini, «Effetti del vento sulla cupola di S. Maria del Fiore in Firenze», *Ingegneria del vento in Italia*, Bologna 1990, 411-426.
4. A. Chiarugi, G. Bartoli, F. Bavetta, «La meccanica della Cupola», *La Cupola di Santa Maria del Fiore, il cantiere di restauro 1980-1995*, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, 1995, pp. 47-62.
5. Ministero per i Beni Culturali e Ambientali, Commissione di studio. Soprintendenza per i Beni Ambientali e Architettonici per le province di Firenze e Pistoia, Firenze. *Rapporto sulla situazione del complesso strutturale cupola-basamento della cattedrale di Santa Maria del Fiore in Firenze*, Centro 2P, Firenze 1985.
6. A. Chiarugi, G. Bartoli, S.G. Morano, «The surveillance of Brunelleschi's Dome in Florence», *Atti II International Conference on Structural Analysis of Historical Constructions*, Barcellona 1998, 337-354.



4. Posizione delle lesioni (tipo A e C) nel 1757 e nel 1984).



5. Tamburo visto come trave parete continua a otto campate su quattro appoggi.



6. Tensioni di parallelo sulla superficie interna della Cupola [N/m²].

ma di lesioni abbia iniziato a manifestarsi poco tempo dopo il completamento della Cupola. Le prime informazioni documentali sullo stato delle lesioni risalgono al 1639 quando l'architetto Gherardo Silvani riporta in una sua relazione la presenza di lesioni, chiamati *peli*, attraverso i quali «*trapassa l'aria ed il vento*». Nella stessa relazione Gherardo Silvani consiglia di «*rilegare detti peli con catene da uno sodo a l'altro*».

Negli anni successivi alla relazione del Silvani i riferimenti alle lesioni sono sempre più frequenti, ma sotto questo profilo i documenti forse più indicativi sullo stato delle fessure (proprio in quando consentono, seppure in modo approssimativo, di ricostruire una cronistoria del loro sviluppo) sono una relazione di Giovan Battista Nelli del 1695 (Commissione Viviani, Foggini e Guerrini) e uno studio di Leonardo Ximenes sullo Gnomone del Duomo di Firenze del 1757.

Il documento di G.B. Nelli è anche il primo documento storico dove esplicitamente viene affrontato il problema delle misure da adottare per contrastare l'aumento delle fessure.

Nel documento, anche in seguito al disastroso terremoto del 1695, il Nelli propose al Granduca di «*circondare questa gran fabbrica con 4 buone catene di ferro di spessore 2 soldi e ½ e di altezza 3 soldi di braccio fiorentino*».

Tale intervento fu oggetto di notevoli polemiche all'epoca, e in particolare critiche all'intervento furono sviluppate da Alessandro Cecchini⁷, tanto che l'intervento proposto dalla Commissione Viviani, criticato nel secolo successivo anche dallo Ximenes, non fu mai realizzato.

Lo studio di L. Ximenes rappresenta un importante elemento per l'analisi evolutiva dello stato fessurativo. Egli effettua un dettagliato rilievo dei dissesti di tutta la Cupola e tale documento rappresenta il rilievo più esaustivo sullo stato dei dissesti prima del '900, consentendo di svolgere un interessante confronto con la situazione attuale quale si presenta oggi. In particolare è interessante osservare come il sistema di lesioni presente nel 1757 non interessasse le vele 2 e 8 (quelle prossime alla Navata) le quali oggi invece hanno lesioni che sono praticamente dello stesso ordine di grandezza di quelle presenti sulle vele 4 e 6 (figura 4).

Sembra di poter concludere quindi che la Cupola, forse fin dall'inizio, non ha funzionato come struttura a cupola in quanto anche la sola lesione del meridiano della vela 6 ha impedito il chiudersi delle azioni orizzontali.

In conseguenza di ciò, a causa del funzionamento ad archi separati, sono nati due effetti: le azioni spingenti sul tamburo e sulle strutture sottostanti, e le azioni flettenti sull'arcone e sulla cupola stessa.

3. La statica della Cupola

3.1 Interpretazione del dissesto

Le fonti storiche mostrano come il quadro fessurativo sulla Cupola si sia evoluto nel corso dei secoli. In parallelo all'evolversi delle lesioni si è sviluppato un dibattito sulle cause (e sui potenziali rimedi da adottare), i cui contributi più significativi possono essere riassunti in quattro momenti storici.

Il primo è rappresentato dal già citato documento prodotto dalla Commissione Viviani. Nel 1695 G.B. Nelli indicava come causa delle lesioni la spinta verso l'esterno prodotta dal peso della Cupola e della Lanterna, al contempo indicava come rimedio la posa in opera di una cerchiatura. Questa, anche per le polemiche che ne scaturirono, non fu mai realizzata⁷. Nel 1757 L. Ximenes indicava invece come causa dei dissesti il cedimento del pilone posto in corrispondenza della vela n. 4. L'ipotesi poteva anche essere plausibile ricordando che in quegli anni lo stato fessurativo (lesioni tipo A) non presentava le caratteristiche di simmetria oggi visibili (figura 4).

Nel 1934 l'Opera del Duomo nomina una commissione (Commissione Nervi) che per tre anni lavora sulla Fabbrica indagando anche le relazioni esistenti tra la temperatura dell'aria e le dilatazioni delle lesioni. La commissione dimostrò come le lesioni subissero variazioni di ampiezza non solo su periodi stagionali ma anche per escursioni giornaliere. Con parere non unanime la commissione indicò «che la causa principale, e forse unica che ha prodotto e insiste per produrre il continuo aggravarsi delle lesioni iniziali è dovuta a movimenti di carattere termico», sposando la posizione espressa da Pier Luigi Nervi.

Gli anni '80 vedono una interpretazione definitiva delle cause che hanno determinato la formazione delle lesioni sulla Cupola grazie agli studi condotti dal prof. Chiarugi. Egli dimostra, grazie anche ai risultati delle prime modellazioni numeriche, che la causa principale dell'insorgere delle lesioni è un fatto insito nella geometria stessa della struttura. La presenza alternata sulle vele delle lesioni di tipo A trova giustificazione considerando la combinazione di due distinti comportamenti. Il primo è, appunto, il comportamento a cupola, con i paralleli sotto una determinata latitudine soggetti ad uno stato di trazione uniforme lungo tutto il parallelo. Il secondo è quello di trave anulare nella parte inferiore della Cupola che è sorretta dai maschi murari (piloni) che si alternano fra i vuoti delle navate (figura 5). Questo secondo comportamento fa sì che la Cupola sia sostenuta da un supporto a rigidità non uniforme (con il vincolo in corrispondenza dei piloni più rigido del vincolo in corrispondenza degli arconi delle navate) il cui comportamento flessionale è paragonabile a quello di una trave continua su più appoggi. In corrispondenza dei piloni (vele pari) nasce una sollecitazione di momento negativo che tende le fibre superiori, mentre in corrispondenza degli arconi (vele dispari) si ha un comportamento opposto (compressioni nella parte superiore e trazioni in quella inferiore). La sovrapposizione dei due meccanismi vede sommarsi le trazioni nei paralleli al di sopra dei piloni ed il controilanciamento delle tensioni nei paralleli sopra gli arconi delle navate. Nel 1985 la Commissione Ministeriale De Angelis D'Ossat - Cestelli Guidi adotta a giudizio unanime l'interpretazione di A. Chiarugi quale causa scatenante il principale sistema di lesioni della Cupola.

3.2 La modellazione della Cupola

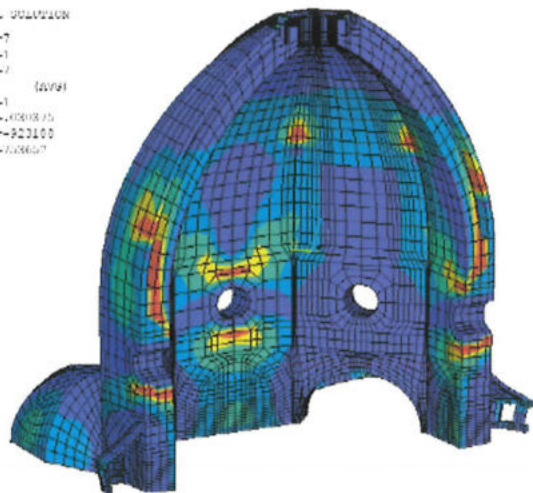
Un significativo passo avanti nella conoscenza, almeno geometrica, della Cupola è il rilievo stereofotogrammetrico commissionato nel 1999 dalla Soprintendenza per i Beni Architettonici e per il Paesaggio per le Province di Firenze, Pistoia e Prato⁸. Sulla base di tale rilievo è stato realizzato un nuovo modello numerico dell'intero complesso della Cupola (comprensivo delle cappelle laterali), mediante il codice di calcolo ANSYS e adottando elementi solidi isoparametrici a 8 nodi, allo scopo di approfondire e sviluppare alla luce delle nuove conoscenze l'intuizione di Andrea Chiarugi. Il nuovo modello è stato definito prestando particolare attenzione alla ricostruzione degli aspetti geometrici così come risultati dal rilievo. Del grado di vincolo offerto alla Cupola in corrispondenza della vela n. 1 dalla Navata è stato tenuto conto inserendo vincoli cedevoli elasticamente la cui rigidità è stata determinata stimando l'azione di ritegno orizzontale offerta dalla Navata alla Cupola.

In una prima fase il modello è stato utilizzato per condurre delle analisi in campo elastico lineare (modello integro), non considerando pertanto la presenza delle fessure. Esso è stato utilizzato come base di partenza per svolgere analisi per fasi allo scopo di simulare, pur approssimativamente, le sequenze temporali della costruzione (prima i pilastri, poi il tamburo, la cupola ecc.). La figura 6 riporta i risultati delle analisi (tensioni di parallelo) condotte

7. A. Chiarugi, «Orazione in onore di Vincenzo Viviani», *Bollettino degli Ingegneri*, 9, 1996, pp. 8-10.

8. Soprintendenza per i Beni Ambientali e Architettonici per le Province di Firenze e Pistoia; *Rilievo stereo fotogrammetrico*, FO.A.R.T., 1999.

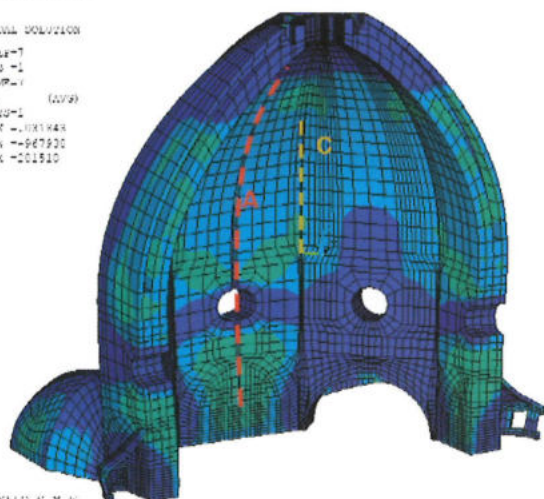
MODEL SOLUTION
 STEP=7
 SUB=1
 TIME=1
 UZ (AVG)
 RAVG=1
 MAX=-1.000E-05
 MIN=-2.21E-06
 RMS=7.38E-07



MODELLO S.N.F.

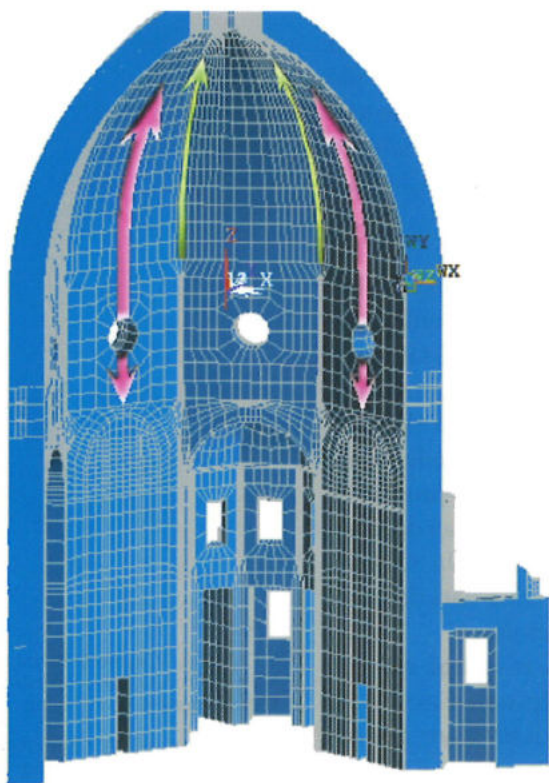
7. Ridistribuzione delle Tensioni di parallelo dopo l'inserimento prime sconnessioni [N/m²].

MODEL SOLUTION
 STEP=7
 SUB=1
 TIME=1
 UZ (AVG)
 RAVG=1
 MAX=-1.000E-05
 MIN=-2.21E-06
 RMS=7.38E-07



MODELLO S.N.F.

8. Tensioni di parallelo nel modello fessurato a fine procedimento [N/m²].



9. Avanzamento delle fessure.

per effetto del solo peso proprio su tale modello. È possibile osservare, nella parte bassa della Cupola, un regime di tensioni di parallelo di trazione non uniformi (che conferma l'intuizione di A. Chiarugi). Il tamburo si comporta come una trave continua a sezione variabile che trova un vincolo di incastro in corrispondenza dei piloni ed il conseguente sviluppo di sollecitazioni flessionali origina tensioni di trazione sulla muratura che portano alla formazione delle lesioni di tipo A e di tipo B (nella fascia tra gli arconi e gli occhi posti in corrispondenza delle vele dispari). In corrispondenza degli angoli di connessione tra le vele (dove si sviluppa il sistema fessurativo di tipo C) si determinano le massime tensioni di trazione. L'analisi sul modello integro consente di individuare le aree della Cupola maggiormente soggette a tensioni di trazione, ossia di avere un quadro dello stato tensionale che la struttura avrebbe avuto se la muratura fosse stata capace di trasferire tensioni di trazione. È peraltro interessante osservare che le tensioni massime di trazione ricavate sul modello si hanno in corrispondenza delle lesioni di tipo C (che non sono passanti) e non in corrispondenza delle lesioni di tipo A.

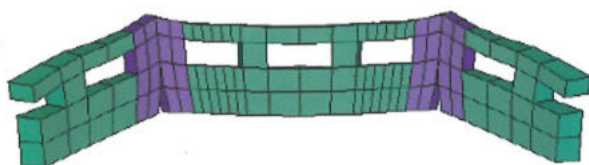
3.3 Evoluzione del sistema fessurativo

I risultati ottenuti in termini di stato di tensione sul modello integro hanno dato motivo a proseguire lo studio allo scopo di stimare la potenziale evoluzione che il sistema fessurativo ha avuto fino ad arrivare alla configurazione attuale. A tale scopo è stata ancora condotta un'analisi per fasi dove la geometria del modello è stata modificata iterativamente introducendo in ciascuna fase delle lesioni al discreto laddove le tensioni di trazione di parallelo superavano un valore limite ammissibile di trazione (assunto convenzionalmente pari a 0.2 N/mm^2). In altre parole, in corrispondenza delle zone dove tale limite veniva superato, gli elementi sono stati scollegati, duplicando i nodi nel modello e collegandoli mediante una combinazione di elementi di contatto monolatero (resistenti a sola compressione); una volta introdotte tali modifiche, l'analisi è stata ripetuta, proseguendo iterativamente. L'analisi è stata sviluppata partendo dai risultati ottenuti sul modello integro introducendo iterativamente delle lesioni (modellate al discreto) nelle aree dove questo presentava i valori più elevati di trazioni di parallelo. Dopo l'inserimento di una prima serie di lesioni si nota, in corrispondenza delle fessure di tipo A, una redistribuzione delle trazioni sia in corrispondenza dell'apice sia nella zona inferiore delle lesioni (sopra e sotto gli occhi circolari). Il fatto più significativo è comunque che le trazioni orizzontali di parallelo, una volta sviluppata la fessurazione della calotta esterna, migrano verso la calotta interna interessandone quasi tutto lo spessore (figura 7).

La figura 8 riporta la mappatura dello stato tensionale (di parallelo) al termine del processo iterativo di introduzione delle lesioni. La configurazione finale ricostruisce abbastanza fedelmente lo stato fessurativo oggi presente sulla Fabbrica con, ad esempio, le lesioni di tipo A

DISPLACEMENT

STEP=7
SUB=1
TIME=7
DMX=-.030121

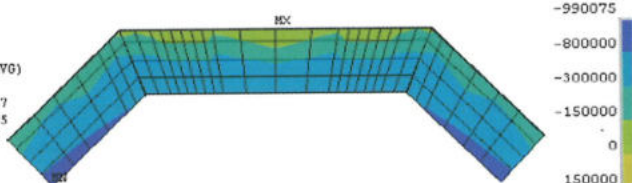


MODELLO S.M.F.

10. Deformata di un quarto dell'anello ottagonale (ad una quota compresa tra il primo e il secondo occhio interno).

NODAL SOLUTION

STEP=7
SUB=1
TIME=7
S2 (AVG)
RSYS=0
DMX=-.026637
SMN=-990075
SMX=-72631



11. Distribuzione delle tensioni verticali in una sezione orizzontale in prossimità dell'imposta [N/m²].

che raggiungono una quota situata tra i due terzi e i tre quarti dell'altezza della Cupola stessa.

Il processo di inserimento iterativo delle fessure può offrire una stima dell'evoluzione del quadro fessurativo sulla Cupola e la figura 9 schematizza quanto trovato durante l'analisi. In sostanza sembra di verificare che dopo essersi innescate le prime quattro fessure in corrispondenza delle vele dispari, con la conseguente riduzione del vincolo di incastro fornito dalla trave parete in corrispondenza dei piloni, si origina un incremento di trazione nella parte inferiore del tamburo in corrispondenza delle vele pari che determina l'innescarsi delle lesioni di tipo B sotto gli occhi del tamburo.

Una volta innescate le lesioni di tipo A inoltre, a causa dell'inflessione orizzontale degli arconi (a una quota compresa fra la prima e la seconda fila degli occhi interni che si affacciano sull'intradosso della Cupola) iniziano a verificarsi le lesioni di tipo D.

3.4 L'analisi della Cupola fessurata

A conclusione del procedimento iterativo è stato ottenuto un modello numerico che ricostruisce con sufficiente cura lo stato attuale della Cupola: le lesioni di tipo A si sviluppano dall'intradosso del tamburo per richiudersi a circa due terzi dell'altezza della Cupola. Le lesioni di tipo A, passanti sullo spessore della Cupola, e le lesioni C, non passanti, producono una ridistribuzione delle tensioni; nella zona medio alta delle vele dispari è possibile inoltre osservare (figura 8) l'insorgere di un modesto stato di trazione di parallelo che può essere ricondotto alla presenza sulla struttura di una terza famiglia di fessure sub verticali: le lesioni D. Analizzando una porzione del corrispondente anello ottagonale a tale quota si osserva un comportamento di tipo flessionale sul piano radiale il quale giustifica l'insorgenza di tale stato tensionale (figura 10).

L'equilibrio nei rispettivi piani radiali del lato centrale (intero) e dei due mezzi laterali di ognuno dei quarti dell'anello ottagonale fessurato parrebbe, nella sostanza, assicurato da azioni flettenti interne. In ogni lato dei quarti in cui l'anello ottagonale è suddiviso dalle fessure deve nascere, nel piano radiale, una distribuzione di momenti flettenti (crescente dal lembo della fessura fino ad un massimo posto in corrispondenza nella mezzeria del lato intero) tale da

tendere le fibre all'intradosso e comprimere quelle all'estradosso.

Per quanto riguarda lo stato di tensione verticale è possibile osservare l'insorgere di un tipico comportamento flessionale nelle zone comprese tra due lesioni successive (praticamente corrispondente alla formazione di quattro semi-archi). La calotta esterna delle vele dispari presenta, inoltre, in estradosso, a una quota compresa tra l'imposta e un'altezza pari a metà della Cupola stessa, una zona sostanzialmente scarica.

L'analisi dello stato di tensione secondo i meridiani conferma i risultati ottenuti nelle indagini *in-situ* con i martinetti piatti evidenziando zone pressoché scariche all'intradosso della calotta esterna e (in zone ristrette) anche in estradosso alla calotta interna.

Analizzando delle sezioni orizzontali della Cupola in prossimità dell'imposta (figura 11) è possibile osservare che il regime di compressioni tende ad aumentare spostandosi verso l'intradosso, con una concentrazione di tensioni in prossimità degli spigoli delle lesioni. Si può affermare che in seguito alla formazione di lesioni il comportamento meccanico della Cupola cambia, trovando tuttavia un nuovo assetto di equilibrio: le lesioni nelle vele pari dividono la Cupola in quattro semiarchi vincolati alla base e uniti tra loro in chiave.

La modifica del comportamento strutturale non risulta pregiudizievole per la struttura grazie sia alla presenza di arconi di notevole rigidità sia alla presenza dei piloni che, unitamente alla presenza delle cappelle laterali, hanno consentito di assorbire la spinta trasmessa dalle vele.

Conclusioni

La memoria presenta alcuni risultati relativi all'identificazione del comportamento statico della Cupola di Santa Maria del Fiore, opera di Filippo Brunelleschi.

Il lavoro, inserendosi nella traccia delle ricerche delineate dal prof. Andrea Chiarugi, dopo avere richiamato lo stato fessurativo presente sul Monumento, presenta un recente modello numerico della Cupola (aggiornato sulla base dei risultati di un rilievo stereofotogrammetrico) congiuntamente al procedimento iterativo adottato per identificarne il quadro fessurativo.

I risultati ottenuti, che confermano le brillanti intuizioni del prof. Andrea Chiarugi, consentono di stimare il potenziale percorso con il quale le principali lesioni che oggi interessano la Cupola sono venute a formarsi. •

Competenze di ingegneri e architetti per la **protezione sismica del patrimonio storico architettonico**

Nel 1993 Franco Braga scrisse che i terremoti sono «*perniciosi per il patrimonio monumentale italiano, non tanto per l'eccezionalità dei danni prodotti, quanto per il numero ed il tipo di interventi di riparazione e adeguamento antisismico che ad essi hanno fatto seguito ... si comprende come il primo passo da compiere per valutare il livello di sicurezza del monumento ... sia quello di studiarne la storia individuando, attraverso questa, i comportamenti caratteristici*». Braga non è professore di restauro, ma di **Tecnica delle Costruzioni**, per cui questa sua presa di coscienza dei limiti di un approccio puramente tecnicistico è particolarmente significativa.

Fortunatamente la consapevolezza di tale realtà si è lentamente diffusa fino a portare (dopo 15 anni!) all'emanazione delle ultime **Norme Tecniche (2008)**, della relativa Circolare (2009) e della direttiva per la protezione sismica degli edifici storici (2008), che completa un processo evolutivo che ha portato a procedure sensibilmente diverse rispetto a quelle alle quali eravamo abituati, sia per le metodologie di analisi strutturale che per i controlli, anche se non tutti se ne sono accorti, forse anche per l'eccessivo fare e disfare norme tecniche negli ultimi anni. Ritengo che una delle cause dei risultati negativi denunciati da Braga sia da ricercare nella preparazione che all'epoca veniva impartita agli ingegneri e agli architetti e nella suddivisione prevalente dei ruoli professionali, codificata dalle norme vigenti: da una parte gli **strutturisti**, a loro agio con modelli numerici e stati tensionali, ma assai poco disposti, salve rare eccezioni, a dare importanza alle conoscenze storiche e alle tecniche tradizionali, totalmente fiduciosi nei loro strumenti di *calcolo* e nella superiorità delle strutture in cemento e in acciaio; dall'altra i **conservatori** dell'architettura, concentrati sui ruskiniani pochi centimetri di superficie lavorata dal tempo e sprezzanti di ogni vile problematica strutturale. Entrambi incapaci e privi degli strumenti opportuni per affrontare in modo congruo e completo il problema difficile della stabilità sismica dell'architettura storica.

Carlo Blasi

Università di Parma

Certamente le figure evocate sono degli stereotipi e numerosi sarebbero gli esempi che potrebbero smentirmi (Di Stefano, Giuffrè, Benvenuto, Di Pasquale, Chiarugi ecc.), ma la realtà operativa, normativa e accademica non si discostava molto da questa dicotomia e contrapposizione. Basta pensare, da una parte, al Codice dei Beni Culturali che ancora nel 2004 (!) dedica solo una riga (peraltro scritta malamente) alla stabilità e alla protezione sismica degli edifici storici e, dall'altra, a quanto previsto nell'infesta Ordinanza della Protezione Civile n. 3274 del 20 marzo 2003, nella quale si imponevano, per gli edifici tutelati, verifiche mediante modelli numerici agli stati limite di esercizio e ultimi nelle situazioni prima e dopo i lavori di consolidamento, come se tali calcoli avessero molto senso per la maggior parte degli edifici storici in muratura. Ci piacerebbe infatti sapere, ad esempio, quali siano gli stati limite di esercizio per la cupola del Brunelleschi che ha fessure di 6 cm di spessore, oppure quale sia il livello di approssimazione di una modellazione che assimila il comportamento sismico dello stesso complesso monumento a un oscillatore semplice, come avviene con la maggior parte dei programmi in commercio, predisposti, evidentemente, dagli stessi redattori delle norme.

Le due norme ricordate, che ribadivano ancora nel 2004 di fatto la decennale separazione delle responsabilità sui beni tutelati tra il Ministero dei Beni Culturali e quello dei Lavori Pubblici, sono lo specchio delle rigide divisioni di competenze a livello culturale tra strutturisti e conservatori, a loro volta specchio delle divisioni accademiche, così difficili da superare.

Fortunatamente negli ultimissimi anni è avvenuto un cambiamento insperato, come se il grido d'allarme di Braga e le ragionevoli *Direttive* del 1989 redatte dal Comitato nazionale per la prevenzione del patrimonio culturale dal rischio sismico fossero state finalmente ascoltate. Forse neanche i più accaniti fautori della modellazione potevano ormai più difendere l'assoluta validità di procedure che ben poco avevano di scientifico, cosicché nessuno si è opposto al fatto che le nuove Norme Tecniche e le Direttive per gli edifici storici, pubblicate sulla G.U. nel gennaio 2008, introducessero modifiche consistenti alle procedure di analisi e di controllo. In particolare io vedo tre grandi innovazioni contenute nelle ultime norme:

- la presenza di un «percorso di conoscenza» con esplicitate tutte le analisi storiche e le procedure per l'identificazione dei manufatti storici obbligatorie per gli edifici esistenti (non basta più la semplice «relazione storica»);
- l'indicazione del metodo di analisi agli stati limite su base empirico-sperimentale per la valutazione della molteplicità ei possibili dissesti locali come strumento preferenziale per

l'analisi sismica, rispetto alla *modellazione* numerica globale;

- l'affidamento esplicito al Ministero dei Beni Artistici e Culturali (e ai suoi organi territoriali) delle competenze per la tutela sismica del patrimonio architettonico storico, con l'evidente conseguenza di eliminare la incongrua doppia approvazione dei progetti (da parte del MiBAC e del Ministero delle Infrastrutture o degli Uffici tecnici regionali), che tanti problemi ha creato in passato.

Per comprendere pienamente la realtà attuale va premesso che in base alla Costituzione italiana la tutela del patrimonio culturale spetta allo Stato e non esiste, a tale proposito, delega generale che autorizzi le Regioni a farsene carico. La questione è pertanto di tipo nazionale e a livello nazionale, per la tutela sismica degli edifici tutelati, il problema della suddivisione delle responsabilità tra Beni Culturali e Lavori Pubblici sorge con la legge 64/74 che impone l'approvazione dei progetti strutturali in zona sismica da parte degli Uffici del Genio Civile. Tale legge, predisposta dal Ministero allora denominato dei Lavori Pubblici, risulta tuttora pienamente vigente ed è ancora il riferimento specifico della attuale normativa tecnica. La legge 64, con il controverso articolo 16, introduceva però una deroga per gli edifici *tutelati*: l'articolo 16 recita infatti: *Per l'esecuzione di qualsiasi lavoro di riparazione in edifici o manufatti di carattere monumentale o aventi, comunque, interesse archeologico, storico o artistico, siano essi pubblici o di privata proprietà, restano ferme le disposizioni vigenti in materia.*

Bisogna ricordare che la legge 64/74, come la precedente 1089/71, era finalizzata soprattutto a normare le nuove costruzioni, tanto che il capitolo sugli edifici in muratura riportava solo norme costruttive per lo più inapplicabili agli edifici esistenti (ad esempio l'uso di malte cementizie!). Nei primi tempi di applicazione della legge, l'articolo 16 è stato pertanto interpretato nel senso ragionevole che gli edifici tutelati fossero esentati dall'approvazione degli uffici statali del Genio Civile (oggi passati alle Regioni), in quanto già tutelati dalle Soprintendenze in base alle disposizioni vigenti previste dalle leggi del 1939.

In seguito, anche in conseguenza del

fatto che nelle successive Norme Tecniche applicative della L. 64/74 il Ministero dei Lavori Pubblici ha iniziato a introdurre specifiche istruzioni relative non solo agli edifici esistenti, ma anche ai beni tutelati, è prevalsa una interpretazione diversa, con l'obbligo della duplice approvazione, come se fosse possibile separare la tutela degli aspetti materici-formali (affidata alle Soprintendenze del Ministero dei Beni Culturali) da quella relativa agli aspetti materici-strutturali (affidata al Genio Civile del Ministero dei Lavori Pubblici). Ne è nata una assurda sovrapposizione di competenze tra uffici, che i funzionari e i professionisti ben conoscono, con esiti talvolta assurdi e risibili.

Numerose sono state negli anni le obiezioni a tale interpretazione, sia da parte di *strutturisti* (basterà ricordare Giuffrè, sia da parte di *restauratori*, tra i quali basterà ricordare quella del prof. Roberto Di Stefano che nel 1981 rivendicava *l'unicità degli interventi di tutela per la conservazione* affermando che *il consolidamento è parte fondamentale del Restauro* e ancora *Il restauro di consolidamento non è mai miope e chiusa visione tecnicistica ... Lo studio del comportamento statico delle strutture ... è sempre indagine storica.*

Come già rilevato, recentemente le norme sono finalmente cambiate e alle interpretazioni personali è stata data risposta ufficiale. Sia il *Codice* dei Beni Culturali del 2004, sia le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, e in particolare la nuova «Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la Valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale, con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni» (ex Linee Guida approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici del Ministero delle Infrastrutture ed emanate il 12 ottobre 2007) forniscono infatti una chiara interpretazione dell'articolo 16 nel senso che affidano in modo esplicito ed univoco la tutela sismica del patrimonio storico architettonico al MiBAC e alle Soprintendenze. Già il *Codice*, infatti, stabilisce in modo generico che: Art. 4.1. ... *le funzioni [di tutela] sono attribuite al Ministero per i Beni e le Attività Culturali ...* Art. 29.4. ... *Nel caso di beni immobili situati nelle zone dichiarate a rischio sismico in base alla normativa vigente, il restauro*

comprende l'intervento di miglioramento strutturale.

Già da tali articoli si intende che «le funzioni di tutela» degli interventi «di miglioramento strutturale» «nelle zone dichiarate a rischio sismico» sono interamente e chiaramente attribuite al MiBAC.

Ma a chiarire e ribadire definitivamente come debba essere ufficialmente interpretato l'articolo 16 della 64/74 è intervenuta la citata Direttiva (G.U. 29 gennaio 08), che è parte integrante (come si legge nel titolo stesso) delle citate *Norme Tecniche per le Costruzioni* del 2008. Si legge infatti nella Direttiva: Art. 11. ... *le funzioni di tutela [ovviamente per gli interventi antisismici e strutturali, dato il contesto della norma] del patrimonio culturale sono attribuite allo Stato ed esercitate dal Ministero dei Beni e delle Attività Culturali; ciò era già riconosciuto dall'articolo 16 della Legge n.64, del 2 febbraio 1974 ... il Ministero [MiBAC] definisce, anche con il concorso delle regioni e con la collaborazione delle università e degli istituti di ricerca competenti, linee di indirizzo, norme tecniche, criteri e modelli di intervento in materia di conservazione dei beni culturali. La presente Direttiva è stata redatta con l'intento di specificare un percorso di conoscenza, valutazione della sicurezza sismica e progetto degli eventuali interventi ...*

È evidente, in quanto chiaramente esplicitato, che, per quanto riguarda la «sicurezza sismica» e la valutazione del «progetto degli eventuali interventi» strutturali, il MiBAC esercita non solo le funzioni di tutela, ma anche quelle di indirizzo. È chiaro quindi il ruolo univoco che il MiBAC deve esplicare in prima persona per la valutazione degli interventi strutturali e non in collaborazione o in accordo o per quanto di competenza o previa approvazione del Ministero delle Infrastrutture o delle Regioni.

Rimane solo la giusta necessità che «le linee di indirizzo» siano decise «in concorso con le Regioni» e con gli enti di ricerca. L'interpretazione dell'articolo 16 della 64/74 è pertanto oggi finalmente chiara ed è diversa da quanto inteso prevalentemente fino ad oggi. Il fatto che la Direttiva (Linee Guida) sia parte integrante delle nuove Norme Tecniche per le costruzioni del Ministero delle In-

infrastrutture rende ancora più autorevole l'interpretazione.

Risulta così chiarito il ruolo fondamentale riconosciuto alle Soprintendenze, come enti di tutela anche sismica, e il ruolo interdisciplinare di chi interviene sul patrimonio architettonico che è quello di operare contemporaneamente per la sicurezza e per la conservazione, nel difficile rispetto contemporaneo delle regole del restauro e della sicurezza, siano essi ingegneri o architetti. Non è sostenibile l'obiezione in base alla quale nelle Soprintendenze non ci sarebbero ad oggi le competenze per valutare i progetti di consolidamento sismico: prima di tutto perché esistono anche nelle Soprintendenze molti tecnici che sono competenti di protezione sismica, ingegneri e architetti, poi, perché, se la legge riconosce al MIBAC questo ruolo, si affronterà eventualmente il problema di adeguamento delle competenze, e infine perché, anche in via transitoria, nessuno vieta alle Soprintendenze, in caso di progetti particolarmente complessi, di chiedere un parere agli uffici tecnici regionali o direttamente al Ministero.

Questo cambiamento, che può apparire puramente burocratico e finalizzato ad una positiva semplificazione delle procedure, è, in realtà, il risultato di una evoluzione culturale che si è lentamente sviluppata in Italia negli ultimi venti anni, con una presa di coscienza sempre più diffusa della necessità di affrontare i problemi dell'edilizia storica con procedure adeguate e diverse da quelle per i nuovi edifici, con la consapevolezza dei limiti e dei rischi dell'adozione acritica dei risultati dei «modelli numerici» nel campo delle strutture storiche, pur effettuati con potentissimi strumenti computazionali (come sostanzialmente denunciava Braga nel 1993).

Se anche i calcoli numerici sono esatti, non è detto che i risultati sappiano descrivere la realtà: gli errori e le approssimazioni inaccettabili si annidano infatti nelle incertezze delle schematizzazioni e delle quantificazioni di input, ovvero nei tentativi di semplificare realtà storiche che non si prestano ad essere quantificate.

La visione puramente ingegneristica della valutazione della sicurezza degli edifici storici, presente nella famosa Ordinanza 3274/03, è stata fortunata-

mente ormai giudicata del tutto insufficiente.

Questa rivalutazione delle conoscenze storiche, del rispetto del patrimonio culturale e dell'esperienza tecnica, rispetto ad alcuni automatismi di previsione studiati a tavolino e venduti come affidabili in quanto *scientifici*, è un fenomeno culturale ampio che non investe solo il mondo delle costruzioni (basta pensare ai recenti fallimenti delle modellazioni economiche), ma che rende ancora più interessante l'approccio multidisciplinare a molti problemi della complessa realtà umana. Non è pertanto cosa da poco che in una norma *tecnica* si leggano frasi del tipo di quelle che vengono di seguito riportate: *La presente direttiva è stata redatta con l'intento di specificare un percorso di conoscenza ... spesso è opportuno accettare un livello di rischio sismico più elevato rispetto a quello delle strutture ordinarie piuttosto che intervenire in modo contrario ai criteri di conservazione del patrimonio culturale ... il modello meccanico, pur se sviluppato con i più accurati strumenti di analisi, è comunque inadeguato ... l'intervento può essere pienamente soddisfacente a fronte di valutazioni qualitative del comportamento strutturale basate sull'osservazione della costruzione e sull'analisi storica. L'obiettivo è quello di evitare opere superflue, favorendo quindi il principio del minimo intervento ... si ritiene che, al di sopra di un certo livello di rischio, possa essere presa in considerazione la possibilità di delocalizzare le funzioni rilevanti o strategiche ... L'indice di sicurezza sismica non deve essere inteso come un parametro per una verifica co-gente, ma come un importante elemento quantitativo da portare in conto, insieme ad altri, in un giudizio qualitativo complessivo che consideri le esigenze di conservazione ... Tutto ciò dovrà essere descritto in una relazione esplicativa delle soluzioni adottate nel progetto, specialmente nel caso in cui la verifica strutturale con modelli di calcolo non risulti pienamente soddisfatta.*

In sintesi, i complessi «modelli strutturali globali» potranno essere utilizzati solo nei casi nei quali esista un'adeguata corrispondenza tra le ipotesi semplificative e la realtà, mentre non hanno limitazioni di validità i più semplici «modelli locali», ovvero quelli basati

sulla capacità del progettista di intuire i reali pericoli locali, che costituiscono la base di quel metodo empirico sperimentale, raccomandato già dalla cosiddetta Commissione Ballardini nel 1989. Del resto è ormai riconosciuto come i maggiori rischi per le costruzioni storiche in muratura provengano da deficienze o fenomeni di degrado locale, spesso anche di elementi non strutturali, più che da crisi globali, ovvero di fenomeni che non vengono presi in considerazione dalla modellazione numerica globale.

Recenti eventi drammatici di crolli di controsoffitti, di rotture di tubazioni, di scivolamento di travi, di disgregazione locale di muri ne costituiscono prove evidenti. Può fare molto più danno la mancanza di un chiodo di un errore nella valutazione del modulo di elasticità di un materiale. Questa ragionevole evoluzione verso il riconoscimento dell'unitarietà degli interventi sugli edifici storici in muratura comporta delle conseguenze sulla preparazione degli ingegneri e degli architetti che intendono operare nel campo della conservazione degli edifici storici.

Non è più attuabile una divisione rigida di competenze da quando esiste la classe di laurea 4s, mentre è necessario modificare i programmi e la mentalità di molti colleghi. Nelle facoltà di Ingegneria Edile e di Edile-Architettura è necessario che le discipline della Storia e del Restauro vengano insegnate in modo adeguato e approfondito da docenti competenti e non da orecchianti provenienti da altre discipline delle facoltà di ingegneria.

Similmente è necessario che le facoltà di Architettura si rendano conto della necessità di impartire e di pretendere dagli studenti sufficienti conoscenze relative alla sicurezza sismica e alla conservazione delle strutture del nostro patrimonio architettonico.

Certamente l'unificazione del settore disciplinare del Restauro con quello della Storia dell'Architettura non è un passo che possa aiutare nell'indirizzare i *restauratori* verso queste nuove responsabilità.

Speriamo che i docenti, gli ingegneri e gli architetti sappiano comprendere questa nuova situazione e sappiano evitare i disastri evocati da Braga. •

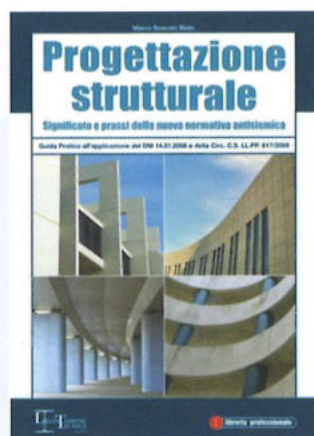
Significato e Prassi della Nuova Normativa Antisismica

A cura di Claudia Pandolfo

Architetto

Il giorno 16 giugno 2010 si è tenuto presso la sede dell'Ordine degli Architetti PPC e degli Ingegneri di Treviso, un incontro su «Significato e Prassi della Nuova Normativa Antisismica» nel corso del quale è stato presentato il libro dell'arch. Marco Boscolo Bielo, *Progettazione Strutturale - Significato e Prassi della Nuova Normativa Antisismica - Guida Pratica all'applicazione del DM 14.01.08 e Circolare del CSLPP 617/09*.

Al convegno sono intervenuti il Presidente dell'Ordine degli Architetti di Treviso, Alfonso Mayer, il Presidente dell'Ordine degli Ingegneri di Treviso, Vittorino Dal Cin, il prof. ing. Enzo Siviero, l'arch. Marco Boscolo Bielo, l'ing. Ferruccio Marafini di Legislazione Tecnica, casa editrice del libro, e l'arch. Italo Rebuli, coordinatore dell'Area Tecnica dell'Ordine degli Architetti di Treviso.



Il *meeting* è stato un momento di riflessione sull'attuale situazione normativa tecnica per le costruzioni, in vigore dopo l'emanazione del DM 14 gennaio 08, e sugli eventi che hanno portato a una repentina inversione di tendenza rispetto alle numerose proroghe a cui si è assistito negli ultimi dieci anni.

Nel corso *meeting* l'arch. Marco Boscolo Bielo ha proposto una panoramica storica dell'evoluzione della normativa italiana in un parallelo con l'evoluzione delle figure professionali che ruotano intorno all'«arte del costruire». Si è inoltre soffermato a evidenziare alcuni elementi contraddittori contenuti all'interno delle quasi 1000 pagine che compongono il *corpus* normativo formato dalle Decreto Ministeriale e dalla Circolare.

Unanime è stata la considerazione che il libro presentato per l'occasione possa essere uno strumento utile non solo per gli Strutturisti, ma anche per i Direttori dei Lavori, i Collaudatori Statici e i Progettisti Architettonici.

A tal proposito l'autore del libro ha evidenziato casistiche specifiche nelle quali per le singole figure, all'interno degli obblighi imposti dalla nuova normativa, diventa importante avere chiaro il «quadro generale del problema strutturale».

La presentazione di un testo di questo tipo, il cui autore svolge la professione di architetto anziché ingegnere, come generalmente ci si aspetta, è stata occasione di discussione in riferimento anche ai rapporti che intercorrono nel cantiere tra le varie figure professionali. Significativa in questo senso è quando scrive Enzo Siviero nella Presentazione del libro: *pensare al cantiere aperto del quadro applicativo, dove tutti sono a un tempo registi-sceneggiatori-interpreti-attori (mai spettatori), una vera e propria commedia-tragedia (talvolta rasentando anche la farsa), ove le singole responsabilità non sono ancora ben comprese da tutti i vari soggetti, per le relative implicazioni civili e penali*.

La partecipazione del prof. Siviero era motivata dallo speciale rapporto che lo lega all'autore del libro, da lui definito amichevolmente «suo mezzo clone» in quanto l'arch. Boscolo Bielo si è distinto tra i suoi allievi per la capacità di approfondire le tematiche relative alle strutture e per l'approccio didattico dei suoi testi, che si fondano a un tempo nella sua formazione di architetto e dentro la dimensione tecnico-culturale degli insegnamenti ricevuti dal prof. Siviero negli anni universitari e post universitari. Dal suo *osservatorio privilegiato* di Ingegnere e Architetto, il professore ha anche ironizzato sulle antiche diatribe che contrappongono l'una all'altra figura, invitando soprattutto i giovani professionisti presenti, ingegneri e architetti, a essere meno chiusi dentro le proprie posizioni e più aperti ad affrontare il mestiere con un approccio interdisciplinare. L'opera dell'arch. Boscolo Bielo dovrebbe essere uno sprone per coloro che spesso delegano ciecamente l'aspetto dei calcoli strutturali all'ingegnere specialista «consegnandosi nelle sue mani», perdendo con questo non solo l'occasione di essere professionisti completi, ma anche la percezione del progetto nel suo insieme. L'apprezzamento del professor Siviero per il lavoro dell'arch. Boscolo Bielo emerge chiaramente dalla Presentazione del libro. •

L'essenza del ponte è in ciò che **non è** **Divertimento¹** sull'onda del MA (間)

Alberto Parducci

Università degli studi eCampus



*S'impasta l'argilla per fare un vaso:
nel suo non-essere sta l'utilità del vaso.
S'aprono porte e finestre per fare una casa:
e nel suo non-essere sta l'utilità della casa.
L'essere costituisce l'oggetto,
nel non-essere sta l'utilità.*

Lao-Tzu: «Tao-teh-ching»
cap. IX (VI sec. a.C.)



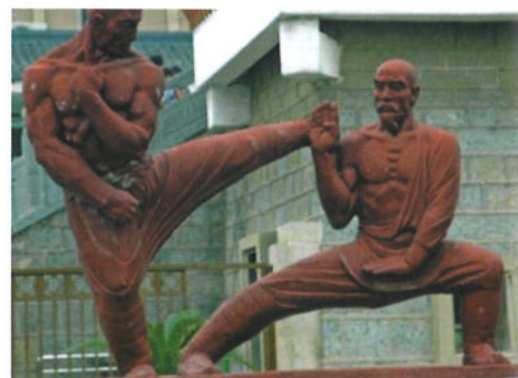
Il buddismo Zen, quando è penetrato nella cultura giapponese, ha introdotto il concetto del MA³; concetto che affronta ed interpreta questi problemi. Il MA insegna a percepire il valore del vuoto che esiste fra le cose. Nell'architettura il MA è lo spazio vuoto, che ha una forma ed ha un valore. Allo stesso modo il MA rappresenta il vuoto di una scultura, dove gli spazi della parte che *non-è* valgono come la materia della parte che *è*. Come potrebbe esistere la seconda senza la prima? Non contano solo i volumi e le forme, ma allo stesso modo conta il vuoto fra i volumi. Perfino nella scrittura, è negli spazi fra i segni, insieme ai segni stessi, che si leggono gli ideogrammi cinesi e giapponesi. In musica il MA è quell'intervallo fra due note che svolge il ruolo di una nota che *non-è*, e nella melodia vale come la nota che *è*; altrimenti, se si modifica la nota che *non-è* la melodia si distorce e non è più una melodia. Perciò ogni spazio, ogni elemento che *non-è*, vive insieme a ciò che *è* grazie al MA; concetto di una filosofia nella quale l'armonia nasce dalla simbiosi degli estremi. Ciò è quanto accade nel ponte.

Il ponte è un'opera che si costruisce per attraversare. In ciò consiste l'utilità del ponte. Il viadotto forse, in parte, è un'altra cosa; qui parlo del ponte nella sua concezione completa. Perché è nel ponte dove ciò che *è*, si unisce a ciò che *non-è* per far sì che il ponte esista e l'opera sia completa. È nel ponte, come nel vaso di Lao-Tzu, che è evidente come ciò che *è* l'oggetto e ciò che *non-è* è una delle parti che serve all'uso, indispensabile per l'uso dell'opera. È nel ponte dove ciò che *è* si fonde con ciò che *non-è* per formare un unico elemento. Solo così il ponte è un'opera completa. Senza la parte vuota, senza ciò che *non-è*, non si potrebbe passare sotto il ponte; così come non si potrebbe attraversarlo sopra senza ciò che *è*. Le due parti, il costruito sopra e il vuoto sotto, si uniscono nello stesso modo in cui si forma il simbolo del Tao, dove lo yang, elemento maschile *positivo*, non esiste senza lo *jin*, elemento femminile *negativo*. Da solo, ciascuno di essi sarebbe privo di senso; dall'insieme nasce la completezza. L'insieme non è la somma delle parti; esiste l'insieme, le parti da sole sono prive di senso. Attenzione però! per capire i giudizi del Tao bisogna evitare equivoci, perché nel Tao il negativo non ha valore negativo, ma vale come e quanto il positivo; allo stesso modo in cui il vero ed il falso non devono essere percepiti come elementi diversi, in contrapposizione, ma come elementi di uguale valore dalla cui associazione nasce quell'armonia che permea tutta l'antica cultura cinese alla ricerca dell'unica forma di conoscenza completa. In un antico testo di Chuang Tzu² è detto: *Come ha potuto il Tao oscurarsi al punto che il vero sia distinto dal falso? Come ha potuto la parola offuscarsi al punto che vi debba essere distinzione tra l'affermazione e la negazione? [...] Il Tao è offuscato dalla parzialità. Solo se conosciamo il falso possiamo conoscere il vero. Del resto, come potrebbe essere falsa un'asserzione se non fosse vero che è falsa? Ogni tentativo di cercare una gerarchia fra i due concetti, vero e falso, sarebbe improprio, perché l'uno esiste in quanto esiste l'altro; come sarebbe improprio cercarla fra lo zero e l'infinito, due concetti per i quali l'uno è l'inverso dell'altro e per i quali l'uno è necessario all'altro.*



Del ponte il pedone usa ciò che *è*, la parte costruita. *Sur le Pont d'Avignon l'on y danse tous en rond*, ma a Venezia il gondoliere del ponte usa ciò che *non-è*, il vuoto.

E quanto deve essere ampio ciò che *non-è* perché l'utilità del ponte sia completa? L'acqua alta confonde Venezia quando non consente di attraversare i ponti, di passare sotto. Se dei ponti si riduce la parte che *non-è* ciò li rende insufficienti; i ponti diventano incompleti, parte della loro utilità si perde e l'immagine di Venezia si offusca.





Il Golden Gate: il ponte più bello. La natura ne imponeva la costruzione per completare la Baia di San Francisco (per completarla, non per chiuderla!). Ci voleva un collegamento? Sì, ma doveva essere un ponte, un ponte completo, con tutto ciò che del ponte è insieme a ciò che è. Osservando le nebbie che lo attraversavano in un mese estivo ho immaginato una notte del tempo di guerra, non importa se con la luna piena o con il tempo coperto, quando un silenzioso sommergibile, partendo per una missione nell'oceano Pacifico (il meno pacifico degli oceani) passava lentamente sotto il ponte, dove il ponte, e da solo ne riempiva il MA, dando pieno senso all'opera.

Con buona pace di Parmenide, che senso avrebbe un ponte se non esistesse il suo vuoto, quel che lo permea. Perché l'immagine di un ponte non è un ponte? Perché nell'immagine manca la parte del che la renderebbe ponte. Come l'immagine della pipa di Magritte che non è una pipa, perché non ha quel vuoto, quel che nell'immagine manca, la cui funzione sarebbe necessaria per renderla pipa. Il concetto del MA che qui manca rende coerente l'affermazione di Magritte ed elimina l'apparente paradosso.

Dal campo dei falsi paradossi dell'essere e del non-essere è facile passare in quello dei paradossi delle immagini e della realtà, ed i problemi si amplificano, perché si è attratti subito dai paradossi dei sogni. Il riflesso di un ponte nell'acqua calma, con la sua immagine perfetta propone di nuovo il paradosso dell'eterna ambiguità dei sogni; dei sogni intesi come immagini reali o irreali, non è dato saperlo. Perché siamo convinti che l'immagine che appare riflessa non possa essere un altro ponte che si materializza nell'acqua, mentre sopra l'acqua c'è la sua replica. È come sognare che l'immagine sia il sogno di un ponte fatto della stessa materia che (all'inverso) gli attribuisce Shakespeare⁴.

Borges ripropone spesso il dilemma di Chuang-Tzu: *Chuang-Tzu ha sognato di essere una farfalla; poi si sveglia e si accorge di non sapere se è Chuang-Tzu che ha sognato di essere una farfalla, o è una farfalla che sta sognando di essere Chuang-Tzu*. Si può credere, si può anche avere la fede di un materialista convinto, ma non si possono portare argomenti a favore o a sfavore né dell'una, né dell'altra ipotesi. Allora, come si può affermare che l'immagine del ponte mostrata dall'immagine che è già una riproduzione e che, come abbiamo visto, non essendo neppure un ponte non sia la realtà del ponte dell'immagine e che ... ?

E se svelassi che nella foto in alto, dove ho scritto che quell'immagine *n'est pas un pont*, ciò che è riprodotto non è neppure la foto di un ponte vero, ma è il disegno, un *rendering* del progetto di un ponte? (Santo cielo, non c'è modo di finire!).



Note

1. Il divertimento, come Picasso ha detto per l'Arte (leggere i bigliettini dei Baci Perugina), può essere una bugia che insegna la verità.
2. Chuang Tzu, filosofo cinese del IV secolo a.C. che scrisse lo *Chuang Tzu*, testo cui si dà lo stesso nome dell'autore.
3. Olimpia Niglio, «Sulle tracce del MA (間), Riflessioni sulla conservazione dell'architettura in Giappone», in O. Niglio, K. Kuwakino (a cura di), *Giappone. Tutela e conservazione di antiche tradizioni*, PLUS, Pisa 2010.
4. *We are such stuff as dreams are made on ...*, W. Shakespeare, *La Tempesta*.



Sogni, e favole io fingo; e pure in carte mentre favole, e sogni orno, e disegno, io lor, folle ch'io son, prendo tal parte, che del mal che inventai piango, e mi sdegno.

Ma forse, allor che non m'inganna l'arte, più saggio io sono? È l'agitato ingegno forse allor più tranquillo? O forse parte da più salda cagion l'amor, lo sdegno?

Ah che non sol quelle, ch'io canto, o scrivo, favole son; ma quanto temo, o spero, tutto è menzogna, e delirando io vivo!

Sogno della mia vita è il corso intero. Deh tu, Signor, quando a destarmi arrivo, fa ch'io trovi riposo in sen del Vero.

Pietro Metastasio

PARENTAL ADVISORY

Chiunque si appresti a leggere queste pagine non si aspetti un resoconto canonico e formale di una giornata di lavoro. Per coloro che non fossero disposti ad andare oltre il racconto e a comprendere quanto si cela oltre l'apparenza possiamo consigliare degli ottimi libri tecnici, saggi, manuali e quant'altro (per continuare ad annoiarvi).

materiali costruttivi

A scuola di calcestruzzo? Sì! Ecco la risposta di chi, prima ancora della stimata professionalità di cui è portatore, crede, ama ed è appassionato di un materiale al contempo così semplice e vivo come il calcestruzzo da voler trasmettere *know-how* ad ogni operatore del settore: dal progettista fino a chi il lavoro lo fa con le mani.

Gli ingredienti? Un'impresa dinamica, professori colti e appassionati, tecnici esperti e direzione lavori intraprendenti e capaci. Ecco il mix che ha visto sabato 3 luglio 2010 presso l'Hotel AC di Creazzo (VI), l'approfondimento e l'esplorazione del tema *Il corretto Utilizzo del calcestruzzo*.

Ognuno dei relatori ha contribuito in maniera eccellente a esplorare un mondo già conosciuto ma non per questo senza sorprese. Domanda lecita: come si fa ad appassionarsi a un materiale già così tanto conosciuto?

Risposta probabile: avete mai giocato con i Lego da bambini? Piccoli pezzi e istruzioni precise per creare qualsiasi idea cui la vostra mente abbia voluto dar frutto. Così il calcestruzzo, materiale povero, semplice ma che – se usato correttamente – apporta il suo fondamentale contributo al mondo delle costruzioni civili e industriali ma anche artistiche come le creazioni in calcestruzzo dell'architetto Oscar Niemeyer fino al suo più moderno utilizzo con il calcestruzzo trasparente utilizzato nel padiglione italiano di Expo 2010 a Shanghai progettato dall'Arch Giampaolo Imbrighi.

Sorprendente, non è vero?

Così la magistrale apertura del professor Siviero che con la sua eclettica personalità riesce a catturare l'attenzione di un pubblico eterogeneo quanto accomunato dallo stesso scopo: capirne di più su come si utilizza il calcestruzzo, non solo per quelle opere che per i più si leggono solo nei libri o si vedono alla tv, ma anche per realizzazioni che vanno dalla casa del nostro vicino al capannone industriale in cui verrà depositato il materiale proveniente dalla Cina.

Imprenditori, tecnici, piccoli artigiani entrano così in un mondo che credevano conoscere già, incantati dalle eccellenti relazioni che si sono susseguite.

Il professor Briseghella, pioniere delle novità del settore, ha esplorato le diverse tipologie di calcestruzzo tra realtà, futuro e nuove concezioni.

L'ingegner Velo con la sua diretta esperienza sul campo ha parlato del principio della creazione del calcestruzzo: il *mix design*.

Il professor Barizza, con la sua precisione «verista», ha affrontato un tema così difficile e reale come le patologie che affliggono il calcestruzzo.

Il geometra Bisson ha reso tangibile un ruolo così importante e da riscoprire come quello della Direzione Lavori.

Infine, dissacrante confronto con la verità di ogni giorno, l'ingegner Turella si è confrontato come in un vero campo di battaglia o in una folta giungla tra intrighi legislativi e obblighi e responsabilità di chi questo materiale lo fa.

Scandito da precisi tempi e note il *maestro* Enzo Siviero ha sciolto il filo di Arianna, tra una relazione e l'altra, svelando come passione e curiosità si coniughino in completa e armonica simbiosi tra obblighi tecnici e parsimoniosa cura della realtà.

Ma del resto non è così che si creano le opere d'arte? Non è in questi incontri, che prende voce la passione per il creare e il fare?

famoso dialogo riportato in alcuni testi cinquecenteschi: «*due muratori, addetti*

alla costruzione di una Cattedrale francese, nella pausa di lavoro, stanchi e affaticati, mentre mangiavano un pezzo di pane nero, parlavano delle proprie vite e della loro attività. Il primo, depresso e stanco, malediceva quel lavoro così pesante e si augurava di poter, nel tempo, lavorare sempre meno. Il secondo muratore, pur egli affaticato, alzando gli occhi contemplava la progressiva costruzione della Cattedrale e affermava invece di essere felice per aver contribuito, con il suo lavoro, all'edificazione di un'opera così grandiosa che sarebbe stata, nei tempi, una imperitura testimonianza della creatività e ingegno di coloro che avevano contribuito a renderla tale».

Guardare avanti, proiettarsi verso il futuro, sognare. Fermarsi, capire e comprendere meglio anche le cose che conosciamo già, in un mondo di obesi di informazioni. Perché nuovo non è l'ultimo libro che compriamo quando entriamo in libreria, ma qualsiasi nuovo concetto o nozione che impariamo. Perché prima di tutto l'innovazione, il creare di nuovo richiede umiltà. Per mettere insieme conoscenze comuni e fare della diversità, non barriera, ma arricchimento. La pratica di questa filosofia? Vedere professori esimi parlare in linguaggio semplice e comprensibile intrecciare le loro conoscenze con chi il lavoro lo fa davvero, con chi traccia le linee di quello che fino a poco prima era solo immaginario. E lo rende costruzione. Lo rende abitazione. Ponte. Dove pullula vita e dinamismo. Connessione tra due mondi. Superamento di ostacoli attraverso l'ingegno.

Già perché un'esperienza come quella di sabato, sta portando a creare nuovi incontri. È piaciuto. Il settore che a detta delle statistiche è in calo, in realtà è in movimento. Di rinnovamento. Proprio in questo momento di crisi economica ci appare di fronte – e non è un miraggio – l'opportunità di riflettere e valorizzare le risorse che già abbiamo e conosciamo. L'obiettivo del convegno è riuscito: stimolare l'interesse, non imporlo. Ravvivare la passione per il mestiere, non di renderla coercitiva, perché è la libertà di espressione creativa e la passione per la tecnica a rendere migliore e nuovo quello che abbiamo già. Riscoprendone le sue capacità.

Parliamo di innovazione così spesso, senza davvero comprendere che per innovare – rendere nuovo – creare, dobbiamo prima ben conoscere ciò che conosciamo già. Dove innovare non significa semplicemente creare nuovi prodotti (mi perdoni il Ministero), ma anche migliorarne l'utilizzo quotidiano. Risultato? Minor spreco. Perché, se conosco il mio materiale saprò come utilizzarlo al meglio, ad hoc. Tenendo conto di ogni fattore. Uomo, ambiente e tecnologia. Saprà partecipare ad eventi piccoli come questi, *incipit* del seme della voglia di ricominciare. Di cambiare. •



Foto di Carlo Zulian.

sikkens

COLORIAMO



GioloCenter®

GioloCenter, via de

☎ 049 862

Sikkens è un marchio della Akzo Nobel Coatings S.p.A.



Riflessioni sul progetto di strutture con **materiale composito rinforzato (FRP)**

Giosuè Boscato, Salvatore Russo

Università Iuav di Venezia

Le caratteristiche fisico-meccaniche del materiale composito e quindi degli elementi strutturali FRP definiscono dei specifici campi di applicazione sia per la realizzazione di sistemi strutturali interamente in FRP sia per l'utilizzo di soli elementi - monodimensionali (travi) e bidimensionali (pannelli per impalcati o copertura) - in combinazione con altri materiali.

La tipologia strutturale che ad oggi presenta il maggiore utilizzo degli elementi pultrusi è il ponte, pedonale o carrabile, sia per le nuove costruzioni che per il rinforzo delle esistenti; la durabilità e la leggerezza in combinazione con buone risposte resistenziali del materiale composito costituiscono le eccellenze di questa nuova tecnologia e motivano l'ampio utilizzo per la realizzazione di ponti. Altresì si evidenziano comunque delle soluzioni di interesse funzionale ed estetico che riguardano edifici a più piani, sopraelevazioni, coperture e strutture temporanee.

Introduzione

Allo stato attuale l'impiego degli FRP (Fiber Reinforced Polymers) per il rinforzo è ormai ampiamente diffuso in campo internazionale, mentre le applicazioni a mezzo di profili strutturali in FRP sono più ridotte per quanto appaiano particolarmente promettenti.

Per quanto concerne più in generale il tipo di applicazione possibile, i profili strutturali FRP, si caratterizzano in modo fondamentale per la loro leggerezza, resistenza e durabilità, e in tal senso tra le tipiche applicazioni nel campo del nuovo si segnalano le passerelle pedonali, i ponti di luce contenuta, anche carrabili, le strutture leggere permanenti e removibili e le sopraelevazioni.

Per quanto riguarda l'impiego nel rinforzo e per la conservazione del patrimonio storico, architettonico e ambientale si evidenzia come le caratteristiche meccaniche e prestazionali del materiale bene si concilino con la problematica in quanto trattasi di materiale molto leggero e reversibile. A solo titolo di esempio nel campo del confronto con il patrimonio storico e architettonico si evidenzia la possibilità di irrigidire gli orizzontamenti senza l'incremento notevole di peso proprio, l'impiego con funzione di architrave per la risoluzione di problematiche puntuali, l'irrigidimento di paramenti storici soprattutto ai piani più elevati. Ancora nel caso del recupero di elementi snelli in muratura storica quali torri e campanili è plausibile l'attuazione di un rinforzo alle quote più elevate assicurando elevate resistenze a fronte di ridotti carichi aggiunti. Per quanto riguarda la conservazione dei beni ambientali la durabilità degli elementi in fibrorinforzato a matrice polimerica garantiscono, nel tempo e alle normali condizioni di servizio, il mantenimento delle prestazioni meccanico-strutturali.

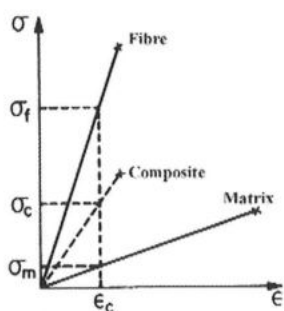
Ad oggi l'approccio conoscitivo è sufficientemente supportato sia dal punto di vista dell'impianto teorico e normativo di riferimento (CNR-DT 205/2007, EUROCOMP 1996) sia dalle validazioni ricavate direttamente dalle esperienze sviluppate nell'ambito della ricerca e dalle opere realizzate fino ad oggi.

Nonostante, comunque, la giovane età del materiale alcune applicazioni in campo internazionale e nazionale, recenti e meno recenti, hanno fornito lo spunto per verificare al vero comportamenti e prestazioni strutturali, Keller (2003) e Russo (2007).

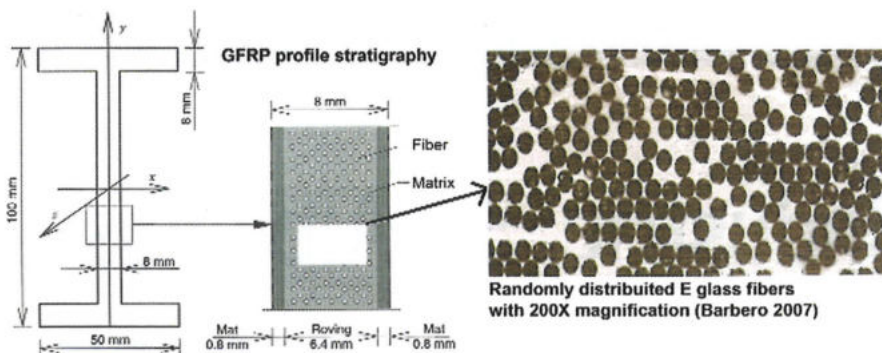
Complessivamente il tema dell'applicazione in campo strutturale di elementi in composito fibrorinforzato è stato affrontato in modo ampio da un punto di vista della risposta meccanica alle azioni a carattere statico (Giangreco 2002), più contenute risultano essere le informazioni che si riferiscono alla caratterizzazione dinamica, (Boscato e Russo 2009, Boscato 2009).

L'argomento è di particolare interesse in quanto se da un lato il legame costitutivo di tipo elastico fragile con un comportamento meccanico ortotropo - in dettaglio anisotropo trasversalmente isotropo - unitamente all'assenza di comportamenti a carattere duttile impongono già alcune limitazioni, dall'altro lato il ridotto peso proprio del materiale, 1600-1800 kg/m³ (variabile in funzione della percentuale di fibra presente) a fronte di valori di resistenza elevati e la possibilità di poter definire a monte l'entità della rigidità, con un ampio margine di variazione, sollecitano spunti e riflessioni che possono avere rilievo anche nel settore applicativo dell'ingegneria sismica, (Russo 2007).

Si fa riferimento non solo alla realizzazione di costruzioni interamente in composito - che comunque dovranno avere dimensioni contenute anche sulla base dei bassi valori



1. Comportamento a trazione del composito, fibra e matrice (Russo 2007).



2. Stratigrafia profilo GFRP e dettaglio.

di modulo elastico e di modulo a taglio caratteristici dei profili strutturali con rinforzo a base di vetro, ma anche alla possibilità di utilizzare i profili quali rinforzi locali in edifici esistenti, ad esempio per incrementare le rigidezze flessionali in corrispondenza dei piani più elevati. In detto caso infatti si può realizzare un rinforzo con adeguate prestazioni resistenziali e deformative ma con un'aggiunta molto contenuta di massa rispetto alla struttura originaria. Analogo interesse applicativo riveste anche la possibilità di realizzare sopraelevazioni con struttura a telaio interamente in composito fibrorinforzato.

In termini generali l'assenza di degrado di rigidità al crescere degli stati tensionali applicati, derivata dal legame costitutivo, sembra circoscrivere in modo sensibile la variabilità del coefficiente di smorzamento (Giangreco 2002, Boscatto e Russo 2007), per quanto i risultati della sperimentazione di seguito illustrata si prestano ad alcuni interessanti approfondimenti.

Anche le modalità di connessione fra elementi in composito, garantite a mezzo di imbullonatura o incollaggio, o utilizzando le due tecniche in parallelo, possono essere trattate con il medesimo approccio teorico impiegato in presenza di carpenteria metallica, con alcune variazioni che tengono conto della meccanica del materiale. Parimenti l'elevato livello di deformabilità dovrà essere tenuto in conto calibrando di volta in volta le dimensioni degli elementi in gioco, (Mottram e Zheng 1999, EUROCOMP 1996).

Lo stato attuale della letteratura internazionale evidenzia peraltro uno sforzo mirato proprio a raggiungere una codificazione degli impieghi strutturali di questo materiale, (ASCE 1984); è inoltre presente un documento tecnico del CNR dedicato alla progettazione strutturale con profili in composito fibrorinforzato prodotti con tecnica di pultrusione, CNR-DT 205/2007.

Inquadramento generale

Il materiale e gli elementi strutturali

Il termine Composito è utilizzato per indicare il materiale FRP in quanto costituito da materiali con caratteristiche fisiche e meccaniche diverse. L'associazione dei due materiali base, fibra e matrice, non garantisce la realizzazione di un prodotto finale caratterizzato dalla somma delle proprietà dei singoli materiali associati e quindi il raggiungimento di un miglioramento complessivo del prodotto finito, vedi figura 1. La figura evidenzia, infatti, la riduzione delle proprietà meccaniche della fibra nuda causata dalla presenza e dall'interazione con la matrice. La matrice risulta essere comunque necessaria per la realizzazione dell'elemento strutturale in quanto crea continuità fra i filamenti di fibra, trasferisce gli sforzi alle fibre, garantisce la trasmissione delle sollecitazioni tra fibra e fibra per mezzo della propria rigidità tagliante, protegge il rinforzo fibroso da danni locali e aggressioni chimiche e infine definisce la forma del profilo durante il processo di polimerizzazione. Generalmente parlando le proprietà meccaniche del composito dipendono esclusivamente dalla risposta strutturale del rinforzo fibroso. Il composito fibrorinforzato a matrice polimerica ha un comportamento strutturale a trazione del tipo elasti-

co-lineare sino al collasso caratterizzato complessivamente da una rottura fragile con una ridotta capacità deformativa priva infatti di fasi di snervamento, plasticizzazione, o di incrudimento e softening.

Per quanto riguarda la resistenza a compressione la fibra, e quindi il composito, ha un comportamento sostanzialmente poco performante. Tale risposta è interamente governata dalla componente matrice che, offrendo una ridotta rigidità trasversale, è particolarmente vulnerabile ai fenomeni instabilizzanti. A tal proposito l'orientamento delle fibre e la loro tessitura sono dei fattori determinanti per la caratterizzazione meccanica e prestazionale del materiale composito. Nel caso specifico la legge costitutiva del materiale composito per gli elementi strutturali è anisotropa in direzione parallela alle fibre e isotropa nel piano normale alle stesse; tale piano è il più debole in quanto controllato esclusivamente dalle prestazioni meccaniche della matrice. Gli assi principali che corrispondono. Dall'analisi stratigrafica il roving è costituito dalle fibre longitudinali mentre il mat è definito da fibre corte disposte a $\pm 45^\circ$ e 0° , (vedi figura 2). Tranne che per gli elementi laminati, che per natura propria sono prodotti a strati ben definiti, l'interfaccia tra i due materiali costituenti è di difficile identificazione e modellazione. L'ipotesi di perfetta aderenza tra i materiali è di fondamentale importanza per l'impiego in ambito strutturale degli elementi compositi e perciò è assunta come uno dei principi base di calcolo nella teoria delle miscele, (Russo 2007). In realtà il comportamento dell'interfaccia rinforzo-matrice è il primo parametro di valutazione sull'omogeneità meccanica del composito che condiziona e definisce la risposta dell'elemento strutturale FRP rispetto a sollecitazioni longitudinali, trasversali e di durabilità nei confronti degli agenti aggressivi e di impermeabilità all'acqua. Per quanto riguarda le proprietà termiche ed elettriche del materiale composito possono essere calibrate e quindi progettate in funzione del tipo e della quantità degli elementi che lo costituiscono, (Russo 2007).

Caratteristiche fisico-meccaniche

Le caratteristiche del materiale composito fibrorinforzato e le distinte tecniche di produzione unite alle sensibili differenze prestazionali dei componenti fibra e matrice rendono ancora oggi di difficile definizione una serie di valori meccanici univoci per il generico materiale composito fibrorinforzato, ciò anche per la forte dipendenza dalla percentuale presente degli elementi che lo costituiscono. Per questo motivo l'indagine e i valori di seguito elencati fanno riferimento a materiale ed elementi di tipo standard per applicazioni strutturali, con rinforzo in vetro, da cui il termine GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer), che rappresentano la tipologia oggi più impiegata e più facilmente reperibile nel mercato. Le percentuali medie in volume fra matrice e fibra sono pari rispettivamente al 60% e 40%, le caratteristiche in termini di valori medi dei componenti il materiale composito sono illustrate nella tabella 1. Nella tabella 2 per un profilo a "I" prodotto a mezzo di tecnica di pultrusione sono evidenziati i valori meccanici medi di riferimento. Dal confronto fra le tabelle 1 e 2 è possibile verificare le variazioni prestazionali nel passaggio dai componenti al materiale composito fibrorinforzato e da questo all'elemento strutturale.

Tabella 1. Caratteristiche meccaniche delle fibre in vetro e della matrice vinilestere (valori medi)-

Fibra	σ_t (MPa)	E (MPa)	Diametro (μ m)	Densità (g/cm ³)	Allungamento (%)
E-Glass	4350	72400	10	2.54	4.8
Matrice	σ_t (MPa)	E (MPa)	E flessionale (MPa)	Resistenza a trazione (MPa)	Allungamento (%)
Vinilestere (980-35)	87	3309	3379	149	4.2

Tabella 2. Caratteristiche meccaniche degli elementi strutturali pultrusi FRP.

Densità	Y	1600-2100 daN/m ³
Resistenza longitudinale a trazione (campione)	σ_t	200-500 MPa
Modulo elastico a trazione (campione)	E_t	20000-30000 MPa
Modulo elastico flessionale (campione)	E_f	15000-20000 MPa
Modulo elastico flessionale (profilo)	E_L (Longitudinale)	25000-30000 MPa
	E_T (Trasversale)	8500 MPa
Modulo di taglio (profilo)	G	3000-5000 MPa
Coefficiente di Poisson	ν_L (Longitudinale)	0.23
	ν_T (Trasversale)	0.09

Il comportamento statico

Osservazioni generali

Generalmente parlando le prestazioni meccaniche dei profili dipendono dalla tipologia della sezione, dal tipo di matrice e di fibra, dalla percentuale in volume dei componenti e dalla direzione delle fibre rispetto al carico applicato. In termini quantitativi se il carico è applicato parallelamente alla direzione delle fibre il profilo composto massimizza la sua risposta strutturale. Nel caso invece che la direzione del carico sia trasversale alle fibre il profilo pultruso ha una riduzione delle prestazioni di circa 80-90%. Tale decremento raggiunge il 50% già con sensibili rotazioni di 20° della direzione del carico applicato rispetto all'orientamento delle fibre. Nell'analisi micromeccanica dei due strati costituenti il composito, (mat e roving), è evidente il comportamento pressoché simile tra le due parti. La risposta globale evidenzia la buona risposta dell'interfaccia rinforzo-matrice, giustificando l'utilizzo della teoria dei laminati per la modellazione numerica e supportando l'ipotesi della perfetta aderenza nella teoria delle miscele (Russo 2007). Il comportamento viscoso dei profili pultrusi GFRP deve essere opportunamente calibrato in funzione del livello del carico di servizio soprattutto per quanto riguarda i profili a sezione aperta. Con sollecitazioni contenute, circa il 50-75% del carico di collasso, la risposta ad azioni cicliche non risente di rilevanti degradi di rigidità. La riparazione localizzata dei profili GFRP permette di raggiungere risultati pressoché simili alla risposta strutturale del profilo integro. A tal proposito anche il rinforzo, opportunamente progettato in funzione del tipo di sollecitazione, garantisce un incremento globale delle prestazioni strutturali. Le ricerche condotte sull'interazione strutturale tra gli elementi in composito e il calcestruzzo offrono degli interessanti spunti applicativi. Per quanto riguarda gli elementi inflessi la resina strutturale evidenzia un promettente incremento della rigidità flessionale con un'ottimizzazione della risposta della sezione rispetto alle sollecitazioni esterne. Gli elementi compressi subiscono l'effetto della ridotta resistenza trasversale dei profili pultrusi, infatti la ricerca prevede l'utilizzo di elementi prodotti per mezzo della tecnologia *filament winding*. L'elevata deformabilità trasversale dei profili pultrusi induce dei fenomeni di instabilità locale che condizionano la risposta strutturale globale; a tal proposito, in fase di dimensionamento, è necessario utilizzare gli algoritmi che tengono conto della deformabilità a taglio.

Il comportamento dinamico

Osservazioni generali

I parametri dinamici – smorzamento, modi di vibrare, frequenza e periodo di vibrazione – che identificano i profili in composito e le strutture all-FRP fanno riferimento ai risultati sperimentali e analitici definiti dalle prove condotte nel Laboratorio di Scienza delle Costruzioni dell'Università Iuav di Venezia. Le prove riguardano profili monodimensionali di diversa sezione, pannelli (Boscato and Russo 2009), strutture bidimensionali e tridimensionali soggette alle vibrazioni libere (Boscato 2009). La capacità di dissipare l'accelerazione accumulata delle strutture GFRP, 2D e 3D, è simile ai profili GFRP. Lo smorzamento dei profili GFRP con il momento d'inerzia maggiore, configurazione appoggio-appoggio, varia tra 2.25% and 3.5%. I profili "I" e "C" con il momento d'inerzia minore, soggetti a carico assiale, hanno il coefficiente di smorzamento uguale a 4%. L'intervallo dei valori di smorzamento del telaio bidimensionale è compreso tra 1.4% e 1.9%, mentre per la struttura tridimensionale la capacità di dissipare l'accelerazione cambia da 1.66% a 1.96%.

Il valore medio dello smorzamento dei telai 2D e 3D – con collegamento trave-colonna imbullonato – è uguale a 1.7%.

La tabella 3 riassume i valori medi dei parametri dinamici dei profili monodimensionali e delle strutture GFRP.

L'analisi del modo proprio di vibrare dei profili pultrusi GFRP a sezione aperta e con un'elevata snellezza può essere condotta con le formulazioni teoriche relative ai materiali isotrope.

Le formulazioni che tengono conto dell'influenza della deformabilità a taglio sono generalmente più appropriate per lo studio del comportamento dinamico degli elementi GFRP e forniscono infatti risultati in buona concordanza rispetto ai risultati sperimentali. Nel caso specifico della deformata dinamica dei profili a sezione chiusa e con un ridotto rapporto L/h si rileva una maggiore influenza del taglio rispetto a quella del momento flettente. Per quanto riguarda il profilo "C", l'impiego dell'algoritmo che considera la deformabilità a taglio e la rigidità torsionale consente di bene interpretare la prestazione del profilo stesso e l'influenza non trascurabile dovuta alla presenza di una sezione aperta e asimmetrica.

Gli elementi strutturali FRP

per le nuove costruzioni

Le realizzazioni riportate di seguito definiscono il panorama delle soluzioni costruite con elementi strutturali FRP. Volutamente il titolo non considera in modo esclusivo le realizzazioni in elementi pultrusi GFRP in quanto sono trattate anche soluzioni realizzate con altre tecnologie produttive e con altri materiali costituenti. In questa classificazione dettagliata delle caratteristiche delle principali applicazioni in composito strutturale nell'ingegneria civile si fissano alcuni cardini importanti che delineano il processo evolutivo e i punti di svolta delle diverse tecnologie, sviluppate ed attualmente in corso di definizione, del materiale FRP. La realizzazione pilota che ha introdotto il materiale composito come elemento strutturale nel campo dell'ingegneria civile risale a circa 25 anni fa e si riferisce ad una passerella pedonale strallata, Aberfeldy footbridge del 1992. Il principale aspetto delle costruzioni All-Composite, quale il favorevole rapporto tra leggerezza e proprietà resistenziali, è evidente nel ponte levatoio Bonds Mill Lift Bridge del 1995. Un'applicazione particolarmente interessante dal punto di vista ideativo e sotto il profilo della ricerca scientifica riguarda un ponte pedonale removibile a due campate; la diversa soluzione adottata per la realizzazione dei collegamenti nelle due parti, incollate ed imbullonate, ha permesso di analizzare e confrontare il diverso comportamento strutturale sia localmente che globalmente, Pontresina footbridge del 1997. Tale ricerca ha sollevato particolare interesse anche per lo studio della risposta strutturale nel lungo periodo, (Keller *et al.* 2007).

L'esempio emblematico dell'utilizzo dei profili GFRP per la costruzione di edifici è rappresentato dalla palazzina per uffici Eyecatcher del 1999. Infine sono riportati degli esempi di realizzazioni che fanno riferimento a strutture in composito realizzate con tecnologie diverse dalla pultrusione (Tromp 2008, Toni 2005). Dall'analisi complessiva delle realizzazioni selezionate è evidente la facilità di assemblaggio e di installazione delle strutture interamente in composito; la leggerezza del materiale FRP permette di progettare le strutture di supporto e di interazione strutturale, (spalle dei ponti, fondazioni, telai di sostegno) solitamente in materiale tradizionale, con dimensioni contenute e con un conseguente risparmio sul materiale e sulla manodopera.

A fianco sono riportate sottoforma di scheda analitica le immagini e le caratteristiche generali delle costruzioni più significative All-FRP.

Tabella 3. Parametri dinamici degli elementi strutturali pultrusi FRP.

Elementi, sistemi strutturali e condizioni al contorno	Configurazione	Hz	Tempo (s)	ω (rad/sec)
Elementi monodimensionali, configurazione appoggiata	"I" J_{max}	24.41	0.04	157
	"Q" /	35.09	0.028	224.3
	"H" J_{max}	16.47	0.06	104.6
	"P" J_{max}	11.9	0.08	78.5
Telaio bidimensionale	J_{max}	7.12	0.14	44.86
Telaio tridimensionale	x	20.34	0.05	125.6
	y	9.36	0.1	62.8



Arceloroy - Oosteroog, acciaio, 1992
 ponte pedonale stralato,
 lunghezza totale 113 m (campata centrale 63 m)
 larghezza 2.12 m, h. 0.78 m,
 altezza delle pile= 17.5 m
 -peso proprio+impalcato 19000kg, ogni pile 2500kg
 -carico accidentale= persone 10kg/m
 -strati FRP = lunghezza da 13 a 31m
 -pile a impalcato sono stati prodotti da "ACOR-FRP system Maunsel"



Ronda Mill i lift bridge, Gran Bretagna, 1995
 -ponte levatoio
 -campata= 8 m;
 -larghezza= 4.4 m;
 -peso proprio = 4600 Kg
 -carico accidentale = autocar fino a 40t
 primo ponte FRP carrabile;
 realizzato da "ACOR-FRP system Maunsel".



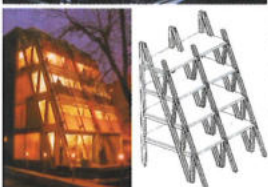
Kolding Bridge, Danimarca, 1997
 ponte stralato
 profili pultrusi GFRP imbullonati
 lunghezza= 40.3m
 campata= 27 e 13m,
 larghezza= 3.2m
 -altezza delle pile=16.5m
 -altezza delle travi= 1.5m
 -totale del peso proprio=12000kg
 -carico accidentale= persone 10kg/m²



Pontresina Bridge, Svizzera, 1997
 ponte a due campate
 una campata realizzata con connessioni incollate e l'altra con collegamenti meccanici per mezzo di bulloni
 -irrimovibile
 -lunghezza= 25.5m
 -campata= 7x17.5m
 -peso proprio= 2x1600kg
 -carico accidentale= persone 10kg/m²



Expo Lisbon, Portogallo, 1998
 -copertura realizzata con profili pultrusi GFRP collegati per mezzo di bulloni in acciaio;



Eyecatcher, Basel, Svizzera, 1999
 -edificio a 5 piani;
 -piano rettangolare 10x12m;
 -altezza totale = 15m;
 -struttura portante è stata realizzata per mezzo di profili GFRP pultrusi a sezione aperta;
 -le pareti di tamponamento sono realizzate da pannelli sandwich GFRP;
 -collegamenti incollati o imbullonati



Halgavor Bridge, Cornwall, Gran Bretagna, 2001
 -è stato costruito in tre parti, 8.5x2m; la campata principale e lunga 32m; l'impalcato del ponte è largo 4m;



West Mill Bridge, Oxfordshire, Gran Bretagna, 2002
 -lunghezza campata 10m, larghezza 6.8m;
 -peso totale 37 t;
 -peso dell'impalcato: 100kg/m²;
 -profili rinforzati da fibra di carbonio sono stati utilizzati per le travi portanti.



Bridge in Klipphausen, Dresden, Germania, 2002
 -il ponte è stato realizzato interamente attraverso profili GRP, ha la stessa capacità portante di ponti simili in acciaio o calcestruzzo;
 -il ponte è stato fissato alle fondazioni per mezzo di bulloni.



The Staten Island September 11 Memorial, New York, USA, 2003
 -dimensioni di ogni pannello: 8x4m;
 -composito di fibra di vetro ad alta resistenza, schiuma interna di riempimento, resina vinilica (FRP).
 -i pannelli sono stati prefabbricati



Pedestrian Cycle Footbridge, Pitigliano, Grosseto, Italia, 2004
 -la struttura portante è stata realizzata da due travi scatolari longitudinali collegate da travi trasversali, controventate, che sostengono l'impalcato;
 -l'assemblaggio del ponte in situ riguarda tutto ad eccezione delle travi scatolari assemblate in laboratorio;
 -peso proprio di una trave longitudinale: 610 kg.



-dimensioni: lunghezza della campata 38m x 3m di larghezza;
 -bulloni e flange di accoppiamento in acciaio;
 -elementi diagonali in cavi d'acciaio;
 -irrigidimento delle estremità degli elementi verticali con riempimento di malta per evitare fenomeni d'instabilità locale



Chertanovo Pedestrian Bridge, 2004
 -lunghezza= 41.4 m; larghezza = 3m;
 -peso totale= 11.4t;
 -i collegamenti tra i profili pultrusi sono stati realizzati per mezzo di bulloni e flange di acciaio;



Spacebox, Delft, Olanda, 2004
 -box = 6.5x3m, volume = 42m³;
 -l'unità è composta da 5 parti pre-sagomate FRP;
 -peso= 2500kg/box



Center Conference, Badajoz, Spagna, 2005
 -rivestimento realizzato da tubi FRP;



Road Bridge, Cantabrico, Spagna, 2005
 -dimensioni: lunghezza 46m, larghezza 8.1m;
 -gli elementi in composito sono tre travi parallele a sezione trapezoidale cava (uni-direzionale, bi-assiale fibra di carbonio, pre-impregnato con una speciale resina epossidica);
 -basso peso proprio della struttura in composito (100 kg/m che supporta 2500kg/m dell'impalcato di calcestruzzo)



Tribunale di Pescara, Pescara, Italia, 2006
 -la copertura è stata realizzata da pannelli sandwich e profili con sezione ad "I"; i pannelli sono costituiti da due fogli esterni riempiti da poliuretano espanso;
 i profili ad "I" sono pultrusi GFRP.



Mount Pleasant Bridge, 2006
 -sostituzione del vecchio ponte a quattro campate con uno a due grazie all'utilizzo di elementi strutturali Fibre Reinforced Polymer (FRP).



Piano ausiliario, Verona, Italia, 2006
 -doppio telaio con quattro e due profili GFRP ad "I" (200x100x10) per le colonne, controvento per mezzo di cavi in acciaio, l'impalcato è stato realizzato con pannelli sandwich autoportanti (250kg/m²).
 -la griglia della struttura portante dell'impalcato è stata realizzata da profili a sezione ad "I" singoli e accoppiati; per tutte le connessioni sono stati utilizzati bulloni e angolari in acciaio.



Stanislas Bridge, Delft, Olanda, 2007
 -lunghezza totale=44m;
 -la campata maggiore è 13.5m e la larghezza è 1.5m;
 -la struttura portante è costituita da due segmenti di 22 m di GFRP, travi longitudinali con sezione ad "U" e piano dell'impalcato realizzato per mezzo di stampo sottovuoto e incollato attraverso adesivo.



Dronen Bridge, Dronen, Olanda, 2007
 -dimensioni: 24.5x5m;
 -peso del ponte: 1300kg;
 -materiale: fibra di carbonio;



St. Austell railway Bridge, Cornwall, Gran Bretagna, 2007
 -il ponte è costituito da tre parti, due campate laterali di sei metri (peso 2 x 2t), una campata centrale di 14 metri (peso 5t);
 -la struttura è composta da profili pultrusi FRP e pannelli stampati in composito



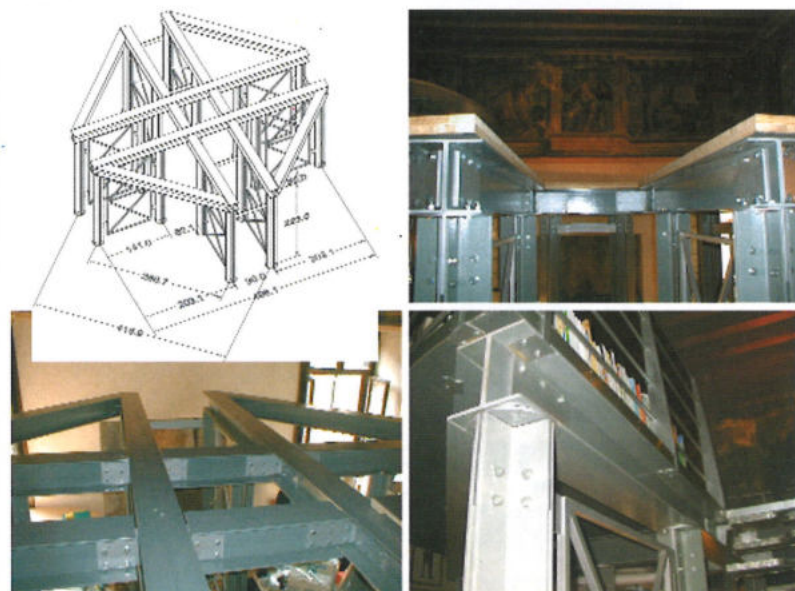
Metro Station, Copenhagen, Danimarca, 2008
 -la copertura è lunga 60 e larga 7.5m;
 -la copertura è costruita in materiale FRP ed è montata su telaio in acciaio.

Immagini e le caratteristiche generali delle costruzioni più significative All-FRP.

Gli elementi strutturali FRP per la riabilitazione dei monumenti storici

Gli aspetti caratterizzanti il materiale composito come la versatilità, dovuta alla possibilità di controllare e calibrare la risposta prestazionale a monte, la durabilità rispetto agli agenti aggressivi esterni insieme al beneficio offerto dal ridotto peso proprio suggeriscono interessanti possibilità di impiego degli elementi FRP come rinforzo strutturale, adeguamento funzionale e anti-sismico. Di seguito si riportano alcuni degli esempi realizzati dell'interazione tra elementi e sistemi strutturali FRP e le costruzioni storiche.

La realizzazione del soppalco nella **Casa Cogollo**, conosciuta meglio come **Casa del Palladio**, è stata richiesta per ragioni funzionali al fine di incrementare la superficie utile. La tecnologia impiegata risponde al meglio ai requisiti richiesti attraverso una soluzione leggera e reversibile, quindi per nulla invasiva. Le immagini della figura 3 mostrano la fase esecutiva di assemblaggio e le immagini del soppalco completato ed installato. I giunti tra gli elementi G-FRP, i bulloni di collegamento e le parti di controvento sono in acciaio; l'impalcato è stato realizzato con dei pannelli in legno multistrato di spessore 5 cm.



3. Casa Cogollo a Vicenza. Fase esecutiva di assemblaggio del soppalco e vista dello stesso completato e installato.

Lo studio di Borri e Corradi (2004) riguarda in sintesi il cosiddetto rinforzo in parallelo di un impalcato in legno; la soluzione proposta permette di aumentare il braccio fra le azioni interne della sezione composta costituita dagli elementi in linea trave in legno – trave GFRP. La soluzione proposta è stata applicata al solaio in legno del **Palazzo Collicola di Spoleto** al fine di incrementare la rigidità flessionale globale.

La figura 4 illustra le fasi di preparazione dei profili – applicazione di resina strutturale ed inserimento di pioli in vetroresina per aumentare l'aderenza con la trave in legno – e l'inserimento degli elementi strutturali FRP.

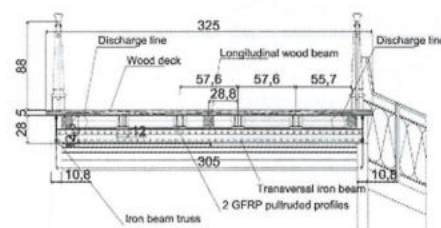
L'ultima applicazione riguarda la riabilitazione strutturale del **ponte pedonale Paludo a Venezia** (Boscato e Russo, 2008). Il ponte è una costruzione della fine del XIX secolo, con schema statico ad arco – lunghezza 12.7 m, larghezza 3.25 m – costruito interamente in acciaio e legno. Come illustrato nelle figure 5, 6 e 7 la struttura portante è costituita da due travi reticolari in ferro collegate da profili a sezione composta in ferro; sulle travi trasversali appoggia l'impal-



4. Palazzo Collicola di Spoleto. Inserimento della trave GFRP nel solaio in legno.

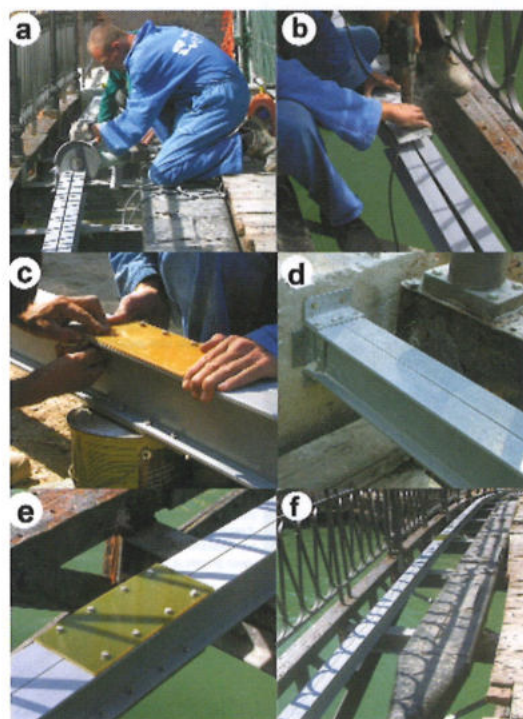


5. Venezia, ponte pedonale Paludo.

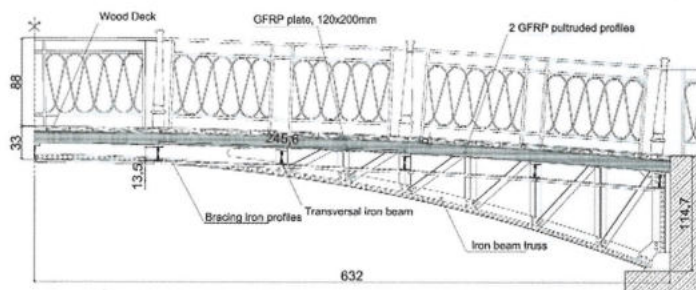


7. Sezione trasversale (dimensioni in cm).

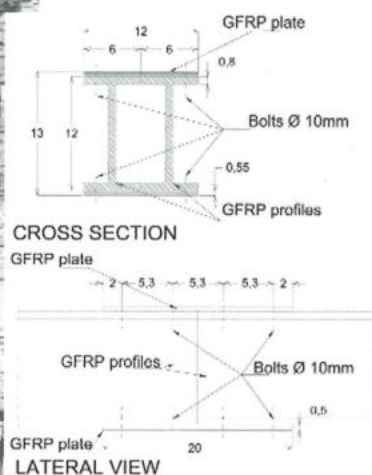
cato in legno. Il rinforzo strutturale e il generale intervento di restauro è stato necessario per l'elevato livello di degrado rilevato; le aggressive condizioni ambientali sono state le principali cause del deterioramento e della riduzione delle caratteristiche meccaniche delle travi di legno (Boscato e Russo, 2008). L'intervento di riabilitazione strutturale ha previsto l'incremento della rigidità flessionale per mezzo dell'inserimento di travi GFRP (vedi figura 8) nell'impalcato con un ridotto aumento del peso proprio. Le figure 9 e 10 evidenziano la facilità esecutiva nelle fasi di trasporto, assemblaggio e installazione delle travi GFRP, mentre la figura 11 illustra l'intradosso del ponte a lavoro ultimato. Complessivamente il confronto con l'acciaio – con sezione opportunamente ottimizzata – evidenzia l'ottimo rapporto tra la resistenza e il peso proprio del materiale GFRP.



9. Fase di assemblaggio delle travi GFRP.



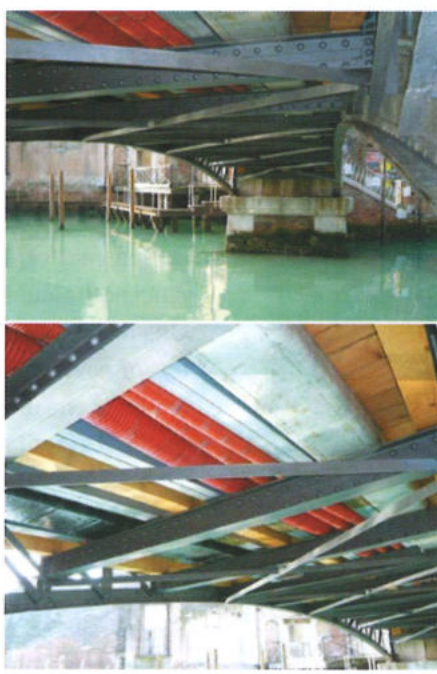
6. Sezione longitudinale (dimensioni in cm).



8. Inserimento del profilo GFRP e dettaglio del giunto trave-trave.



10. Fase di posizionamento delle travi GFRP.



11. Immagini dell'intradosso.

A parità di risposta strutturale l'uso dell'acciaio causa un incremento del peso proprio 1.4 volte maggiore del rinforzo eseguito con i profili GFRP. La massa partecipante al carico totale (peso proprio + carico accidentale) del materiale composito è uguale al 6% mentre per l'acciaio è pari a 9.5%. L'uso del materiale GFRP permette un incremento del carico accidentale. La stessa risposta strutturale deve essere valutata considerando i benefici assicurati dall'utilizzo del materiale composito: resi-

stenza agli agenti aggressivi, facilità di assemblaggio e installazione. Il collaudo statico ha evidenziato un'elevata rigidità flessionale del ponte. Nonostante il raggio sia notevolmente grande il comportamento *ad arco* risulta prevalente rispetto al comportamento *a trave*. Al momento dello scarico non si sono rilevati valori di freccia residua significativi evidenziando un comportamento globale complessivamente uniforme tra le due travi principali. •

Riferimenti bibliografici

«Structural plastics design manual», Volume 1 and 2, ASCE manuals and reports on engineering practice, No. 63, ASCE NY, 1984.

Boscato G., *Numerical analysis and experimental tests on dynamic behaviour of gfrp pultruded elements for conservation of the architectural and environmental heritage*, PhD thesis, 2009

Boscato G., Russo S., «Lo smorzamento nel comportamento dinamico degli elementi strutturali in composito fibrorinforzato», *Atti del Workshop Materiali ed Approcci Innovativi per il Progetto in Zona Sismica e la Mitigazione della Vulnerabilità delle Strutture*, Università di Salerno, 2007.

Boscato G., Russo S., *Proceedings of CICE 08, Structural performance of iron-wood-FRP pedestrian bridge*, 4th International Conference on FRP Composites in Civil Engineering, Zurigo 22-24 luglio 2008.

Boscato G., Russo S., «Free Vibrations of Pultruded FRP Elements: Mechanical Characterization, Analysis and Applications», *ASCE, Journal of Composites for Construction*, accettato per la pubblicazione in dicembre 2009.

Borri, M. Corradi, «Rinforzo di travi lignee con elementi pultrusi in FRP», *Meccanica delle Strutture in Muratura Rinforzate con FRP-materials*, Venezia 6-8 dicembre 2004.

Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Strutture realizzate con Profili Sottili Pultrusi di Materiale Composito Fibrorinforzato (FRP), Cnr, Roma, CNR-DT 205/ 2007.

Giángreco E., *Ingegneria delle Strutture*, Utet, Vol. 3, «Le strutture in materiale composito», 2002.

Clarke John L. (a cura di), *Structural Design of Polymer Composites*, EUROCOMP Design Code and Handbook, Spon, Londra 1996.

Keller T., «Use of fibre reinforced polymers in bridge construction», *Structural Engineering Documents 7*, Inter. Ass. for Bridges and Structural Engineering (IABSE-AIPC-IVBH), Zurigo 2003.

Mottram J.T. and Zheng Y., «Further tests on beam-to-column connections for pultruded frames: Web-cleated», *J. Composites for Construction*, 3 1, 1999.

Mottram J.T. and Zheng Y., «Further tests on beam-to-column connections for pultruded frames: Flange-cleated», *J. Composites for Construction*, 3 3, 1999.

Russo S., *Strutture in composito - Sperimentazione, teoria e applicazioni*, Hoepli, Milano, 2007, ISBN 978-88-203-3643-1.

Keller T., Bai Y. and Vallee T., «Long-term performance of a glass fiber-reinforced polymer truss bridge», *J. of Composites for Construction*, 11 1, 2007.

Toni M., *FRP Architettura. Costruire con materie plastiche rinforzate con fibre*, Alinea, 2005.

Tromp L., *Can Resin Infusion Technology Complement Pultrusion in Bridge - and Civil Engineering*, EPTA 9th World Pultrusion Conference, Roma 26-28 marzo 2008.



Roma, Mercati Traianeï.



Mantova, Basilica di Sant'Andrea della Valle.

Navata e galleria Tradizione ed evoluzione contemporanea dei grandi spazi mediani e longitudinali

A cura di Giorgia Roviato

Navata e galleria: tradizione ed evoluzione contemporanea dei grandi spazi mediani e longitudinali, questo il titolo di un interessante saggio di Stefano Croce edito da Il Poligrafo, con prefazione di Carlos Martí Arís e un contributo di Aurelio Galfetti.

Partendo da esemplari noti dell'antichità, visti come ti-

pologie storiche e significative, vengono studiati gli utilizzi e l'evoluzione di navate e gallerie, cogliendone le analogie e le diversità a partire dai loro principi organizzatori.

«Tipi» che partono dall'antichità e sono emblema di una cultura del vivere di ispirazione classica tesa ad un presente che, unendo navata e galleria, dimostra l'interconnessione fra le due tipologie nella lettura di esempi di edifici contemporanei. Famosi architetti interpretano splendidamente le esigenze di *costruzione* trasferendovi i grandi emblemi dell'architettura antica e rinnovando la funzione anche sociale di tali spazi. Proposte che non si declinano come sviluppo storico, ma vogliono «solo ricordare e indagare, attraverso edifici noti, alcuni casi esemplari ed interessanti».

Una realtà in evoluzione, un lento ed equilibrato processo di trasformazione, un impegno costante nella diversificazione: tipologie che dimostrano inequivocabilmente come siano in grado di esercitare un fascino complesso dovuto alla narrazione cui alludono, ai codici figurativi che descrivono e ai valori profondi che sono in grado di trasmettere. Emblemi di continuità e rinnovamento insieme alle similitudini e differenze che si colgono dalla presentazione di esempi concreti, sia del passato che attuali. Un'analisi critica attenta e puntuale, in cui non manca lo studio di tipologie ibride, come la navata-galleria dei romani Mercati Traianeï, per arrivare alla contemporaneità con progetti di Rafael Moneo, Aurelio Galfetti, Gianugo Polesello, Gonçalo Byrne.

Un approfondito studio da cui, come puntualizza l'autore «si possono trarre conclusioni su due livelli differenti. La prima, più specifiche, riguardano i modi in cui il progetto contemporaneo può trattare i principi tipologici indagati: navata e galleria. Le seconde, di ordine più generale, sono una conseguenza della prima e provano a dare qualche indicazione sull'attualità del procedimento tipologico applicato al progetto contemporaneo». •

Illustrazione di Stefano Croce e Il Poligrafo

STEFANO CROCE

Navata e galleria

Il ruolo del progetto contemporaneo nella lettura di esempi di edifici antichi e moderni

prefazione di Carlos Martí Arís e un contributo di Aurelio Galfetti

edito da Il Poligrafo





Milano, Galleria Vittorio Emanuele II.



Mérida, Museo di Arte Romana (Rafael Moneo).



Padova, Nef Center (Aurelio Galfetti).



Braga, Centro per Esposizioni e Attività sportive (Gonçalo Byrne).

Stefano Croce (Padova 1962) si è laureato in architettura all'Università IUAV di Venezia dove ha anche conseguito il dottorato di ricerca con Carlos Martí Aris dell'Universitat Politècnica de Catalunya. È stato Visiting professor alla Escuel Técnica Superior de Arquitectura dell'Universidad Politècnica de Valencia, Visiting critic alla Oxford Brookes University, professore a contratto di Caratteri tipologici e morfologici dell'architettura allo IUAV e di Teoria e tecnica della rappresentazione all'Università di Trieste. Autore di saggi sull'architettura, ha tenuto lezioni e conferenze in varie università italiane ed estere. Lavora attualmente a Padova come libero professionista, impegnandosi prevalentemente nel settore del restauro e dell'architettura di interni.

La rivoluzione copernicana e la nascita della Dinamica

Lamberto Bertoli

L'astronomia ha avuto la sua origine in tempi molto antichi a causa dell'inveterata convinzione che gli astri avessero la capacità di influenzare il corso delle vicende umane. Tale credenza derivava dalla constatazione che alcuni eventi, come le maree, la crescita delle piante, la produzione del mosto e innumerevoli aspetti legati all'agricoltura erano associati in qualche modo alle lunazioni.

Gli astrologi caldei furono forse i primi ad occuparsi dell'influenza dei corpi celesti sulla vita umana e per compiere le loro previsioni cercarono di individuare con precisione il moto dei pianeti allora conosciuti, che comprendevano Mercurio, Venere, Marte, Giove e Saturno. Furono tuttavia i Greci a occuparsi in modo rigoroso delle orbite dei pianeti descrivendo con leggi matematiche sofisticate il loro movimento allo scopo di prevederne le posizioni. Platone era tuttavia consapevole della difficoltà dello studio del moto degli astri e affermò che solo pochissimi filosofi dell'epoca padroneggiavano l'astronomia.

Il primo studioso in grado di elaborare una mappa del cielo sufficiente a descrivere le traiettorie dei corpi celesti fu Eudosso, un matematico appartenente all'Accademia di Platone e contemporaneo di Aristotele. Sulla base della cosmologia dello Stagirita, Eudosso stabilì che tutta la volta celeste ruotava intorno a una terra immobile e fissò una serie di sfere cristalline su cui erano incastonate le stelle e i pianeti. Tali sfere erano costituite da una materia rigida e trasparente chiamata quintessenza e il loro moto era simile a quello degli ingranaggi di un orologio chiamato *machina mundi*. Eudosso, che fu il primo precursore dell'analisi infinitesimale, non si preoccupava tanto di attribuire un significato fisico alle sue ricerche, quanto piuttosto di fornire dei metodi di calcolo in grado di prevedere le posizioni dei corpi celesti. Egli ideò un sistema di sfere concentriche ispirando la sua visione alle idee filosofiche di Aristotele che, sia pure con una certa perplessità, attribuiva alla Terra una posizione immobile nello spazio. Il suo modello cosmologico fu poi perfezionato da Callippo e incorporato nella filosofia naturale di Aristotele. L'immobilità aveva per lo Stagirita una maggior dignità del movimento, e anche per questa ragione egli rifiutò le idee dei pitagorici che, come Filolao di Crotone, ritenevano che la terra orbitasse come tutti gli altri pianeti intorno al Sole.

In seguito, nel III secolo a.C., l'astronomo Aristarco di Samo formulò una teoria eliocentrica in grado di spiegare correttamente le orbite dei pianeti e in particolare il moto retrogrado di Marte, che poteva essere interpretato solo a prezzo di complicati artifici matematici col sistema geocentrico.

Tale concezione incontrò tuttavia fin dall'antichità delle ostilità da parte di alcuni filosofi e lo stoico Cleante accusò di empietà Aristarco insorgendo contro l'eliocentrismo che non attribuiva alla Terra la dignità che le competeva per ospitare l'uomo, unico essere religioso del Creato.

L'astronomo alessandrino Claudio Tolomeo, riprendendo nel II secolo d.C. gli studi dei suoi predecessori, alla fine scelse l'impostazione geocentrica e formulò delle tavole di notevole precisione che consentirono ai posteri di prevedere le orbite dei pianeti per ben 14 secoli. Tolomeo non si proponeva di fornire una teoria cosmologica completa ma di obbedire al dettato platonico di *salvare i fenomeni*, cioè di spiegare il moto apparente dei corpi celesti, per cui ricorse a stratagemmi come l'equante che funzionava matematicamente, ma da un punto di vista fisico era quanto mai insoddisfacente. Sarà proprio l'introduzione dell'equante a spingere in seguito Copernico a cercare più credibili soluzioni rivolte a spiegare l'apparente irregolarità del moto dei pianeti. Copernico conosceva il pensiero di Aristarco attraverso le *Opinioni dei filosofi* di Aetius e lo nominerà nel suo *De revolutionibus* alla fine del manoscritto autografo del I libro.

Col trascorrere dei secoli le tavole di Tolomeo, compendiate nel suo *Almagesto*, non erano più in grado di prevedere con la stessa precisione le orbite dei pianeti, e quindi cominciò a nascere l'esigenza di una riforma sistematica che potesse riportare all'originaria perfezione le previsioni astronomiche e per questo nel XIII secolo furono formulate le tavole alfonsine che dovevano correggere tali errori.

Anche il Calendario Giuliano al termine del Quattrocento non era più in grado di seguire il reale avvicendamento delle stagioni, e i papi del Rinascimento erano consapevoli della necessità di una sua modifica, che fu protratta per ragioni politiche fino al 1582, quando Gregorio XIV promosse la famosa riforma che fu inizialmente accolta solo nei paesi cattolici. I tempi tuttavia stavano preparando la nascita di nuove concezioni, se si considera che già nel Trecento Guglielmo da Ockham aveva espresso la sua critica verso la Scolastica di derivazione aristotelica, mentre nel Quattrocento molti filosofi si erano orientati verso Platone allontanandosi da Aristotele.

Fu così che in Italia, soprattutto alla corte dei Medici, nacque il Neoplatonismo ad opera di umanisti fra i quali spicca la figura di Marsilio Ficino.

L'umanista fiorentino riscoprì numerosi testi platonici e il neoplatonismo italiano considerava il Sole come il centro metafisico dell'Universo, in quanto esso rivelava la natura di Dio meglio di qualunque altra cosa visibile. Ficino, che in seguito ispirerà l'opera di Giordano Bruno, scriveva infatti: *Niente rivela la natura di Dio più pienamente della luce del Sole. Primo, la luce è più brillante e chiaro degli oggetti percettibili. Secondo, niente si diffonde tanto facilmente, ampiamente, o rapidamente. Terzo, come una carezza, essa penetra ogni cosa, inoffensiva e con estrema dolcezza. Quar-*



to, il calore che la accompagna nutre e alimenta ogni cosa, ed è generatore e motore universale.

Per quanto l'idea di Aristarco abbia stimolato Copernico, l'influenza decisiva per abbracciare la teoria eliocentrica fu probabilmente di tipo filosofico, perché se l'energia creativa veniva emanata dal Sole, era più appropriato che questo fosse al centro dell'Universo.

Il clima intellettuale al tempo di Copernico aveva dunque spostato l'enfasi dalla nozione aristotelica e scolastica di una divinità trascendente intesa come il motore immobile creatore di un universo ordinato e finito, all'idea di una divinità come fonte di inesauribile ricchezza ed energia vitale.

Si nota dunque come anche nella filosofia neoplatonica vi fosse una tendenza surrettizia a declinare la concezione della divinità verso l'immanenza, forse anche a causa di un'inespressa influenza della filosofia lucreziana ed epicurea, che verrà ripresa in seguito in modo più evidente da Bernardino Telesio nel suo *De rerum natura iuxta propria principia*. La riscoperta del *De rerum natura* di Lucrezio avvenne nel 1417 e la sua influenza è già visibile nell'opera del cardinale Niccolò Cusano, considerato il più grande filosofo del '400. Cusano accettò infatti la tesi epicurea dell'infinità dei mondi che verrà in seguito ripresa e ampliata dal Bruno. Sia nell'opera di Ficino che in quella di Cusano si intravedono dunque già dei germi che, sviluppati in seguito da altri filosofi, favoriranno la nascita della scienza galileiana, in cui è implicita una visione immanente della realtà.

Gli umanisti peroravano un ritorno alla cultura classica greca e latina perché in essa vedevano, non a torto, uno strumento per rinnovare la società svilta e corrotta del loro tempo. Questo atteggiamento non presumeva perciò un rifiuto del Cristianesimo, ma piuttosto un tentativo di riportarlo al genuino messaggio originario. Erasmo da Rotterdam fu uno dei principali esponenti dell'umanesimo cristiano e aveva promosso nuove traduzioni della Bibbia dalle lingue originali greca ed ebraica. Tale posizione non fu accettata dal Concilio di Trento che impose lo studio della Bibbia attraverso la *Vulgata* di S. Girolamo, ma nei tempi recenti Pio XII ha riproposto ai biblisti lo studio diretto delle Scritture nelle lingue originali. La figura di Erasmo è quindi particolarmente precorritrice dei tempi, anche perché suggerì un ritorno al genio esistenziale di Agostino che egli preferiva all'intellettualismo della Scolastica. Con Erasmo è nata inoltre la dimensione della tolleranza che caratterizza l'uomo moderno distinguendolo da quello medioevale. Le sue idee ebbero larga diffusione in Polonia e questo fu uno dei motivi per cui in

quelle regioni vi fu un'apertura alle novità relativamente ampia che aprì la strada alla pubblicazione dell'opera di Copernico.

È noto che nei primi tempi dopo la pubblicazione del *De revolutionibus orbium coelestium*, le tesi copernicane furono immediatamente avversate da Lutero che reputava l'autore uno sciocco per aver avuto la pretesa di capovolgere quanto accettato nei secoli dall'umanità intera e dai più illustri astronomi. Lutero, che proponeva un'interpretazione letterale delle *Sacre Scritture*, fu inoltre il primo ad accorgersi della discrepanza fra il libro di Giosuè (*fermati o sole*) e il trattato di Copernico. La gerarchia cattolica, più aperta a un'interpretazione allegorica della Bibbia, in un primo momento considerò l'eliocentrismo un modello matematico utile per i calcoli e la riforma del Calendario promulgata dalla Chiesa si fondava in larga misura sul sistema copernicano. Al contrario le restrizioni protestanti furono molto più pesanti nei primi tempi, proprio perché le prove a sostegno della visione copernicana erano ancora piuttosto tenui.

Tuttavia gli attacchi al canonico di Frauenburg venivano soprattutto dalla gente comune e dai non scienziati, che temevano le novità apportate. Questi critici provavano un senso di insicurezza oltre a un profondo sospetto verso un sistema che negava l'ovvietà contraddicendo il buon senso, l'esperienza quotidiana e una convinzione millenaria condivisa da tutti. Al contrario, il pensiero radicale del Cinquecento era entusiasta del capovolgimento di prospettive operato da Copernico, perché vedevano in esso il mezzo per indebolire l'aristotelismo dominante e le discussioni sul suo pensiero avvenivano proprio in un contesto di critica alla filosofia scolastica.

La rivoluzione copernicana si accordava infatti benissimo con l'epicureismo lucreziano e proprio per questo la sua difesa fu opera soprattutto di liberi pensatori aventi questa ispirazione. Epicuro negava infatti il principio antropico presente nella filosofia di Aristotele che pone l'uomo al centro dell'universo collocandolo in una posizione privilegiata rispetto ad ogni altra creatura. Gli astronomi professionisti continuarono tuttavia a guardare con scetticismo all'opera di Copernico e Tycho Brahe, il più grande dell'epoca, ne rifiutò le tesi soprattutto a causa della mancanza di una qualche parallasse riguardo alla posizione delle stelle fisse. Tycho Brahe fece in effetti le osservazioni astronomiche più precise del suo tempo, insuperate fino all'invenzione del telescopio, ma gli strumenti a sua disposizione non gli consentirono di riscontrare alcuna parallasse fra le posizioni delle stelle fisse misurate a distanza 6 mesi. Proprio per questo motivo, impostò un nuovo sistema che era matematicamente equivalente al sistema copernicano, senza tuttavia assumere il moto della Terra. Il sistema ticoni-

co divenne così un temibile rivale di quello eliocentrico, al punto che nel '600 gli astronomi non copernicani preferivano il primo rispetto a quello tolemaico. Tycho Brahe eliminò inoltre le sfere cristalline, presenti sia nel sistema tolemaico che in quello copernicano, e si fece quindi strada la domanda su cosa mantenesse i corpi celesti nelle loro orbite.

L'inglese William Gilbert, nella sua opera più importante, il *De Magnete*, stabilì per primo che la Terra era un grande magnete e nel suo libro pubblicato postumo nel 1651, il *New Philosophy of Our Sublunary World*, suggerisce che la forza magnetica possa estendersi dalla Terra fino alla Luna, mantenendola in rotazione attorno alla Terra. Le idee di Gilbert ispirarono Keplero e l'ipotesi che il Sole producesse sui pianeti una forza inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza, aveva già trovato qualche consenso nei circoli intellettuali londinesi prima ancora che Newton ne fornisse la prova matematica. L'accettazione del sistema copernicano fu perciò molto lenta e solo dopo l'opera di Newton vi fu un generale consenso degli astronomi che alla fine del Settecento riuscirono infine a fornirne la prova definitiva riscontrando l'esistenza di un'effettiva parallasse della Terra rispetto alle stelle più vicine.

Le resistenze incontrate dalla teoria copernicana in tutti gli ambienti richiesero quindi ai suoi difensori di approfondirne i fondamenti allo scopo di fornirne le prove che nemmeno Copernico era riuscito a scoprire. Le principali ragioni per cui i Greci avevano rifiutato le idee di Aristarco erano più di carattere fisico che ideologico. Già a quel tempo l'alessandrino Eratostene aveva calcolato che la Terra aveva una circonferenza di circa 40.000 chilometri attuali, per cui gli antichi sapevano che la velocità periferica di un punto situato all'equatore sarebbe stata di conseguenza molto alta accettando il sistema eliocentrico. Gli uomini di pensiero erano quindi convinti che tale velocità avrebbe indotto la formazione di venti vorticosi da Est verso Ovest lungo tutta la superficie del pianeta. Tale obiezione venne ritenuta un valido argomento dagli anticopernicani, che vedevano nell'atmosfera terrestre qualcosa di distinto dal pianeta stesso. A questa critica rispose Giordano Bruno nella sua opera *La cena delle ceneri*, pubblicata a Londra nel 1584 per saldare i conti con gli accademici di Oxford che lo avevano appena rimosso dalla cattedra di filosofia teoretica con l'accusa di aver plagiato Marsilio Ficino. In questo tetralogo, che ispirò il *Dialogo dei Massimi Sistemi* di Galileo del 1632, Bruno afferma che l'atmosfera terrestre è assimilabile all'aria contenuta nei polmoni degli animali e quindi fa parte del pianeta stesso. Di conseguenza l'atmosfera partecipa della stessa velocità della superficie del pianeta e non può essere distinta da essa. Da queste considerazioni si comprende come Bruno avesse

già intuito il concetto di sistema meccanico, in quanto aveva riconosciuto che il pianeta non era formato solo dalla crosta terrestre e dagli oceani, ma anche dall'atmosfera stessa.

Una seconda obiezione riguardava il moto dei proiettili che, secondo la fisica aristotelica avrebbe dovuto essere influenzato dalla direzione del lancio nel caso in cui la Terra fosse in movimento.

Se la Terra avesse un moto da Ovest verso Est, lanciando una freccia verso Oriente, il moto concomitante della Terra farebbe in modo che durante il volo della freccia lo spostamento della Terra allontanerebbe nel frattempo il bersaglio con la conseguenza che la distanza percorsa sarebbe minore di quella che avrebbe avuto lanciandola verso Ovest.

A questa critica, nel III dialogo della *Cena delle Ceneri*, Bruno risponde con la famosa immagine della nave in movimento, dal cui albero viene lasciato cadere un sasso. Esso andrà a colpire la radice dell'albero e il suo moto apparente rispetto ad un osservatore situato sul ponte sarà verticale. Il sasso invece, rispetto ad un osservatore situato sulla riva avrà invece un moto formato da due componenti, una verticale e una orizzontale corrispondente a quello della nave. Questa considerazione aprì la strada a Galileo all'interpretazione del movimento come sovrapposizione di due moti distinti e alla composizione della traiettoria dei proiettili secondo un moto rettilineo uniforme e in uno uniformemente accelerato rispetto alle due direzioni orizzontale e verticale.

Si nota inoltre nelle riflessioni di Bruno l'idea che il moto è già un concetto relativo e non assoluto, in quanto esso appare diversamente a due osservatori collocati in due diversi sistemi di riferimento. Il fatto poi che il sasso durante il suo moto mantenga lungo la direzione orizzontale la stessa velocità della nave è dovuto proprio all'inerzia che caratterizza la velocità dei corpi fino a quando non vi sia un intervento esterno.

Queste considerazioni furono poi riprese da Galileo che formulò il principio di inerzia che successivamente fu perfezionato da Cartesio e Newton. Galileo era infatti ancora convinto che il moto naturale di un corpo fosse quello circolare e Cartesio enunciò il principio di inerzia sostituendo al moto circolare il moto rettilineo uniforme. Fu inoltre Cartesio a enunciare il concetto di quantità di moto considerando oltre alla velocità, anche la massa del corpo.

Dalle riflessioni di Bruno, Galileo, Cartesio e Newton nacque quindi il concetto di inerzia, sconosciuto agli antichi greci, come pure a Jean Buridan e agli altri studiosi dell'Università di Parigi che avevano nel Trecento inutilmente cercato una formulazione corretta del movimento dei corpi.

Nel corso dei secoli furono in molti a tentare di correggere l'interpretazione di

Aristotele, ma solo con la rivoluzione copernicana i tempi furono maturi per la sua comprensione. Si deve notare che questi millenari fallimenti riguardavano una dottrina in cui era possibile compiere esperimenti che avrebbero potuto contribuire a fare chiarezza sulle intrinseche difficoltà del moto. Si osserva invece che il fondamentale contributo alla comprensione della dinamica avvenne proprio ad opera di studiosi che, come Bruno, Galileo, Cartesio, Keplero e Newton, avevano accettato la teoria copernicana e su questa base avevano cercato di coglierne gli aspetti più riposti. Il successo richiese generazioni di scienziati che, a partire dalla pubblicazione della *Cena delle Ceneri* del 1584 fino all'edizione del 1687 dei *Philosophiæ naturalis principia mathematica* di Newton, investigarono in astratto la teoria copernicana cogliendone le implicazioni più profonde. Keplero nel 1609 pubblicò le sue celebri tre leggi riguardanti il moto dei pianeti. La seconda legge riguardante la costanza dell'area spazzata dal moto dei pianeti fu formulata per prima e solo successivamente l'autore scoprì che le orbite non erano circolari, ma ellittiche. Si trattò di una scoperta fondamentale che sfatò il secolare pregiudizio, risalente ai tempi di Platone, che le orbite dei pianeti dovessero necessariamente essere circolari, perché questo era ritenuto il moto naturale dei corpi celesti. Keplero riuscì dunque a formulare le leggi cinematiche del moto dei corpi celesti, senza tuttavia riuscire a spiegarne le cause, nonostante le straordinarie capacità matematiche che avevano impressionato Tycho Brahe di cui fu allievo. Questo conferma che il mezzo matematico da solo non è sufficiente a far piena luce sui fenomeni naturali, se il suo impiego non è accompagnato da una profonda meditazione di carattere fisico.

Fu Newton a completare il puzzle utilizzando la teoria delle coniche di Apollonio da Perga che gli consentiva di dimostrare che la forza di attrazione del sole è inversamente proporzionale al quadrato della distanza e di scoprire i principi costitutivi della dinamica. Tali scoperte, come lo stesso Newton confessò, non furono ottenute da una semplice applicazione delle proprietà delle coniche, ma da una profonda meditazione sulle cause fisiche del moto e il risultato fu raggiunto *diu et noctu incubando*. La rivoluzione copernicana costrinse dunque a modificare le prospettive di ricerca dei filosofi della natura e ad approfondirne le basi fisiche, ed essa fu feconda di conseguenze non solo su questo piano, ma anche su quello cosmologico e antropologico.

Giordano Bruno fu il primo a coglierne le conseguenze filosofiche impostando una cosmologia molto vicina a quella odierna, andando ben oltre le ricerche di Copernico, che era rimasto pur sempre un rivoluzionario prudente. È noto che il teologo protestante Andrea Osiander,

che aveva pubblicato nel 1543 il trattato di Copernico, aveva sostituito l'introduzione dell'autore ormai morente con una propria prefazione in cui la concezione eliocentrica era presentata come una mera ipotesi, cioè una costruzione formale volta a fornire una possibile spiegazione del movimento visibile dei corpi celesti. A questa interpretazione così riduttiva Bruno contrappose un'interpretazione che fece crollare tutta una serie di secolari principi fisici e metafisici ponendo così le basi della filosofia moderna nata con Cartesio. Il Nolano è il primo a imbroccarla con audacia immaginando un mondo in cui nemmeno il Sole è al centro dell'Universo, che egli vede, mediando Copernico con Cusano, come unitario e infinito: *Uno dunque è il cielo, il spacio immenso, il seno, il continente universale, l'eterea ragione per la quale il tutto discorre e si muove. Ivi innumerevoli stelle, astri, globi, soli e terre sensibilmente si veggono, ed infiniti si argomentano*.

L'interpretazione *engagée* della teoria copernicana di Bruno comportava dunque una serie di conseguenze sia fisiche che logiche, implicando così una radicale *destructio* degli apparati concettuali aristotelici che erano apparsi per secoli autoevidenti. Proprio per questo motivo il Santo Uffizio cominciò a vedere con sospetto la teoria copernicana proibendola nel 1616 e imponendo a Galileo di non parlarne in pubblico.

Così, mentre la Chiesa riformata dopo i primi iniziali attacchi a Copernico si defilò prudentemente dalla questione, il Santo Uffizio solo dopo la pubblicazione delle opere di Bruno si accorse della pericolosità delle implicazioni della teoria eliocentrica e dichiarò la sua condanna al copernicanesimo, paradossalmente in un periodo in cui si venivano ad accumulare elementi sempre più consistenti a favore di questa teoria.

Le conseguenze di questa ostilità furono pagate da Galileo, che dopo aver pubblicato nel 1632 il *Dialogo dei massimi sistemi* dovette affrontare il processo e la ben nota pena degli arresti domiciliari ad Arcetri.

La pubblicazione del *De revolutionibus orbium coelestium* del 1543 è ritenuta da molti l'inizio della rivoluzione scientifica, le cui premesse erano invece già presenti nel '400. Essa rimane tuttavia un evento epocale che segna l'inizio di un nuovo modo di intendere il cosmo e l'uomo che da quella data comincerà ad essere visto non più come il protagonista del mondo, ma come un suo spettatore.

Galileo e Cartesio, considerati i padri del pensiero moderno, fondarono la meccanica e la loro filosofia proprio sulla dottrina eliocentrica, che consentì loro di eliminare le categorie aristoteliche del pensiero e di interpretare in una nuova prospettiva il cosmo, affrancandola da secolari pregiudizi che avevano ostacolato la comprensione dell'uomo. •

Il Gruppo 24 ORE per l'edilizia e l'ambiente.

Il futuro delle applicazioni software è già realtà



STR VISION TIME è la nuova soluzione per i Professionisti e le Società d'Ingegneria che vogliono un controllo completo del proprio studio.

STR VISION TIME consente:

- Scadenzario condiviso
- TimeSheet
- Budget di Commessa
- Controllo di gestione
- Gestione clienti e contatti
- Gestione protocollo, documenti e qualità
- Contabilità generale e analitica
- Business Intelligence

● **Visita il sito** www.strvision.it

>> dove scaricare la brochure o richiedere una demo.

● **Guarda i videodemo**

<http://media.str.it/>

800 462223



INNOVARE24 S.p.A.

Sede centrale e legale: Via A. Gramsci, 36
46020 Pegognaga (MN)
www.str.it

GRUPPO 24 ORE

Promozione dei mestieri d'arte applicati alla conservazione, recupero e manutenzione del patrimonio culturale Un piano-programma

Angela Lombardo
Vittorio Ugo Vicari

Sintesi della proposta progettuale presentata da Confartigianato Imprese Sicilia e dall'Associazione culturale Esperia di Palermo al Congresso «Costruiamo il futuro del nostro territorio. Sviluppo del Mezzogiorno tra federalismo, credito e incentivi», Palermo, 24-25 giugno 2010.

I mestieri d'arte di antica tradizione sono fattore primario dell'identità storico-culturale del Mezzogiorno d'Italia, tramandati nel tempo attraverso laboratori e botteghe artigiane radicati nelle economie locali delle diverse realtà regionali. Oggi essi rischiano di estinguersi in assenza di una politica culturale d'indirizzo, e per i processi d'innovazione tecnologica che obbligano ad un rapido apprendimento di tecniche che non si accompagnano a una contestuale acquisizione di conoscenze della struttura e composizione dei diversi materiali. Precondizione quindi per riuscire a salvaguardare il nostro patrimonio culturale non può che essere l'avvio di un progetto politico-culturale a carattere educativo-formativo, mirato alla promozione dei mestieri d'arte, e in particolare alla formazione e sensibilizzazione dei giovani nel settore della manutenzione dei beni culturali. Una tale politica, da focalizzare nelle dinamiche di sviluppo dei giacimenti di manualità idonei a far crescere i mestieri d'arte, oltre che qualificate e differenziate tipologie di imprese capaci di operare nei diversi settori del restauro, non interferirebbe né altererebbe i contenuti e le funzioni delle altre figure professionali, in modo particolare di quella del restauratore-conservatore, il cui profilo – una volta definito, anche attraverso un percorso formativo omogeneo – avrà comunque connotati diversi.

Presupposti per un indirizzo metodologico e programmatico

Appare chiaro che negli anni a venire non solo la ripresa economica sarà lenta, ma che sarebbe impossibile ed errato puntare alla riproduzione di precedenti modelli, a causa dei mutamenti negli assetti economici internazionali, nella geografia della produzione, nella stessa qualità della produzione stessa.

Un nuovo modello sostenibile significa una diversa distribuzione del lavoro, una diversa modalità di garanzia del reddito, una diversa gamma di produzioni. In Italia in generale e nel suo meridione in particolare, componente essenziale di un nuovo modello di sviluppo economico è, come si ripete da più parti, il turismo, settore per cui bisognerà avere la maggiore attenzione possibile ed in cui si incardina la proposta di progetto qui presentata.

Giustamente ormai non si parla più di turismo ma di *turismi*. Declinazione esatta che conduce al concetto più ampio e attuale di turismo integrato, espressione con diverso significato di fruizione del paesaggio, dei territori e degli stessi beni integrati nel contesto di una «vita normale»; laddove cioè il turista diventa partecipe, anche se in un modo singolare, delle loro attività e delle loro dinamiche sociali, di cui l'artigianato artistico, assieme ad altri settori produttivi tipici, è la principale chiave di lettura, in controtendenza con i tradizionali canali di fruizione turistica che sostanzialmente fanno leva sulla pubblicità e su eventi straordinari e circostanziali di un territorio.

Se fonte di turismo sono principalmente i beni culturali e ambientali, tangibili e intangibili; se l'obiettivo di una futura politica di loro godimento va incentrata sulla loro riorganizzazione sistemica nel contesto della «vita normale», produttiva e sociale, di una città; allora il problema della manutenzione e del recupero del patrimonio diventa la questione centrale. In modo molto sintetico classifichiamo nelle seguenti categorie i beni che possono essere oggetto di godimento da parte di segmenti specifici di turisti:

- i beni naturalistici e ambientali;
- i beni archeologici;
- i beni storici e artistici;
- il paesaggio, più in generale l'ambiente inteso come connotato da aspetti naturali e da aspetti costruiti;
- i centri storici;
- il patrimonio demo-etno-antropologico;
- le manifatture tipiche o tipizzabili con il recupero di antiche produzioni e professionalità;
- il patrimonio enogastronomico.

Se a tali categorie verrà riconosciuta la funzione primaria di intermediazione tra il territorio e le comunità, i patrimoni e la loro fruizione culturale, e dunque si arriverà ad una programmazione e pianificazione territoriale che non disgiunga mai i diversi piani della tutela, della promozione e della produzione dei beni e dei servizi, allora si vedrà inaugurata una nuova stagione di sviluppo territoriale troppo a lungo attesa, in un Meridione denso di valori culturali e ambientali.

Da questi presupposti nasce l'idea di una linea di interventi che coinvolga professioni tipiche dell'artigianato artistico, vocate allo sviluppo dei territori ed al loro godimento turistico-culturale. Definiamo il primo e qualificativo di tale linea:

Progetto per la creazione di scuole-pilota per i mestieri d'arte applicati alla conservazione del patrimonio, al recupero e alla manutenzione, nel quadro di una politica culturale educativo-formativa.

Finalità del progetto

Poiché in questo settore sovente traspare una dicotomia tra esperienza progettuale ed esperienza pratica, tra cultura tecnica e manuale dei materiali usati nei cantieri storici e nei patrimoni dell'artigianato d'arte, è in questa ottica che deve inserirsi – accanto alle figure professionali

del restauro (architetti, ingegneri, storici dell'arte, restauratori-conservatori) – la professione dell'artigiano d'arte e dell'operatore della manutenzione che interviene nella materia e nella struttura dell'arte stessa. Due soggetti attivi e complementari, capaci di arricchire il lessico costruttivo e di avere propria fisionomia culturale a fianco dei restauratori abilitati, senza sovrapposizione di competenze e in un contesto progettuale coordinato dai tecnici.

Ne discende l'impegno delle istituzioni pubbliche che con azioni mirate creino modelli formativi differenti dai tradizionali che operano nella conservazione, nel restauro e nella manutenzione dei beni culturali, in tipologie imprenditoriali e con funzioni molto diverse da altre figure professionali.

Per la formazione professionale in ambito edile oggi esistono già delle scuole ed è questo un settore in via di sviluppo.

All'estremo opposto, la figura del restauratore è debitamente formata presso gli istituti statali e regionali del Ministero per i Beni e le attività culturali, ovvero presso le università e le accademie, seppure in un quadro di riferimento normativo attualmente in divenire. Poco invece offre il panorama formativo per la creazione di figure di operatori della manutenzione dei beni culturali ed in particolare dei patrimoni afferenti le arti minori. È in quest'ottica che si pone il progetto: nel perfezionare il loro percorso formativo in scuole pilota specialistiche e nell'individuazione e precisazione (anche sul piano normativo) della categoria professionale artigiana corrispondente, dando pertanto ad essa garanzia di gratificazione professionale, con specializzazioni volte al recupero della grande tradizione italiana dei mestieri e delle arti applicati. In tal modo si intendono anche recuperare i riferimenti storici e tradizionali di quegli antichi mestieri e la loro congruità con le moderne tecnologie del restauro.

Gli ambiti didattici di intervento sono individuati in:

- Settore della manutenzione programmata dei manufatti delle arti minori, con l'attivazione di cantieri scuola, integrando programmi che abbiano per tutti i settori di formazione analoghe caratteristiche didattiche (ad es.: parte teorica, parte pratica-interdisciplinare, tecniche operative di restauro);
- Settore della produzione artigianale di manufatti delle arti minori, in diretta connessione con le pratiche manutentive del patrimonio culturale, per la salva-

guardia delle memorie tecnico-esecutive e degli stili tradizionali, anche nella prospettiva produttiva di gadget per la fornitura ai servizi aggiuntivi dei musei, dei monumenti e dei siti;

- Settore del restauro e manutenzione dei beni monumentali (architettonico);
- Settore della manutenzione dei siti archeologici.

Gli ambiti didattici e le finalità sopra rappresentati è auspicabile che siano realizzati in collegamento sodale con le strutture universitarie e di ricerca.

Priorità

Per il perseguimento degli scopi sopra descritti, sarà opportuna la comunione di intenti delle CONFARTIGIANATO regionali dell'Italia meridionale, che di concerto con le Regioni, gli Enti territoriali pubblici e privati, i centri di ricerca, la cooperazione di partner dell'area mediterranea, le Università, ed i soggetti privati, si adoperino per la concertazione di un piano-programma per la promozione dei mestieri d'arte applicati alla conservazione, al recupero e alla manutenzione del patrimonio culturale. Ne discende un'idea di rete delle attività artigiane su base interregionale che mantenga vive e operative le conoscenze dei materiali, degli stili, delle pratiche e delle tecniche produttive delle diverse categorie di opere d'architettura e d'arte. Tale rete sarà alla base della definizione di distretti culturali e produttivi particolari, in cui l'artigianato artistico si configuri come vero e proprio bacino territoriale, non solo nella sua dimensione produttiva, ma anche e soprattutto in prospettiva culturale e turistica.

Nella prima fase il piano-programma pone la priorità della formazione, dell'assistenza e dello stimolo all'integrazione di personale già specializzato nell'artigianato d'arte e nell'artigianato di produzione artistica da utilizzare oltre che nella riproposizione di un artigianato colto, nella pratica della manutenzione dei beni culturali.

Obiettivi di questa prima azione sono: il recupero e/o la valorizzazione delle realtà produttive che è possibile considerare patrimonio professionale e umano (artigianale, artistico e culturale) delle regioni dell'Italia meridionale in prima istanza, ma anche di altre realtà presenti nell'area del Mediterraneo; quindi formare-informare-aggiornare personale specializzato, senza tralasciare le categorie sociali disagiate e a rischio di contaminazione mafiosa.

Il potenziamento quindi delle attività di

produzione di qualità e di produzione mirate al recupero, al restauro ambientale e alla valorizzazione delle opere d'arte.

L'attuazione della ricerca e l'esame dei materiali e delle tecniche artistiche tradizionali e di produzione.

L'applicazione della progettazione, con la possibilità di produrre beni artistici di fattura tradizionale, recuperando e utilizzando in tal modo materiali e tecniche del passato, ma nel quadro di una moderna ed efficiente imprenditoria artigiana.

Il trasferimento delle conoscenze mediante corsi di professionalizzazione, recupero e aggiornamento delle conoscenze e della tecnologia applicate. La finale sperimentazione di nuove iniziative produttive di limitata dimensione.

Per lo sviluppo e la garanzia delle figure professionali in tal modo formate ed avviate all'impresa **è prioritario un adeguamento normativo dell'ordinamento giuridico nazionale e delle regioni** interessate alla proposta. Esso dovrà garantire il Riconoscimento giuridico della figura professionale di Esperto manutentore dei beni culturali, tanto nell'offerta formativa degli istituti di formazione professionale, degli istituti periferici ministeriali e regionali, delle università e delle accademie di Belle Arti, quanto nelle procedure di accesso ai concorsi ed ai finanziamenti pubblici per i progetti manutentivi.

Conclusioni

Se una ragione d'essere ed una spinta propulsiva possono legittimare Confartigianato in seno al dibattito e alla reale qualificazione dei territori, esse non possono prescindere dal suo statuto aggregativo e consociativo dei produttori di manufatti artistici. Lo sforzo maggiore sarà dunque rivolto al potenziamento di questo specifico settore, che è l'espressione più alta e trainante del *Made in Italy*. Laddove le potenzialità della bottega artigiana sono state comprese, tutto il territorio a cui essa si riferisce ne ha giovato, mantenendo pressoché inalterati gli equilibri umani, professionali e patrimoniali che hanno fatto la fortuna di molti centri antichi italiani. Le realtà dell'Italia meridionale palessana, in tal senso, un grave ritardo concettuale, formativo e infrastrutturale, ragione per cui la maggior parte dei nostri centri storici non è più in grado di esprimere un rapporto sodale, una contiguità tra patrimonio artistico ed antiche pratiche artigiane che di quello stesso patrimonio sono

state, nei secoli, principali depositarie delle prassi manutentive. Questo *deficit* si risente non solo nella qualità e nella tenuta di gran parte dei monumenti, dei siti e dei beni in essi conservati, ma più in generale nel livello e nel tenore dell'offerta turistica che consegue necessariamente a quella mancanza di qualità e tenuta.

Al capo opposto del ragionamento, fatte salve alcune esperienze particolari, che però spesso trascendono la funzione sociale dell'artigiano e decadono a mera produzione e vendita d'uso e consumo del turista, le città antiche del mezzogiorno non sono in grado di esprimere forme organizzate e sistemiche di produzione aulica nei settori delle arti in generale e delle arti applicate in particolare. Ragione per cui i centri antichi sono oggi caratterizzati quasi esclusivamente da attività commerciali le più diverse, con il complemento di pochi o molti punti vendita di souvenir in prossimità dei monumenti e dei siti maggiormente frequentati. La mancanza di rapporto tra l'artigiano-artista ed il patrimonio è ancor di più rimarcato nei pochi bookshop o spazi di servizio aggiuntivo dei musei, in cui, fatte rare eccezioni, non si registrano significativi casi di collaborazione programmatica e continuativa per la produzione di gadget museali di qualità.

È per queste semplici ragioni che siamo convinti della necessità di ripensare i territori integralmente a partire dal riposizionamento, fisico e culturale, dell'artigiano-artista e della sua bottega all'interno della città, in stretto e solidale rapporto con i patrimoni in essa custoditi, per la loro corretta manutenzione, per la salvaguardia delle tecniche e degli stili esecutivi tradizionali, per la loro riproposizione nel circuito dei servizi museali aggiuntivi. Consideriamo dunque la professione dell'artigiano-artista centrale anche e soprattutto per la definizione di nuovi e più validi modelli di godimento turistico dei territori, scongiurando il suo decentramento verso le cosiddette zone artigiane, incoraggiando, di contro, la sua permanenza e la sua massima visibilità nel tessuto urbano dei centri storici. Auspichiamo infine, la ridefinizione del prospetto normativo di riferimento, per il riconoscimento giuridico del Manutentore dei beni culturali, condizione senza la quale non è possibile guadagnare alcuna centralità culturale, né la dignità professionale più volte richiamati in questo scritto. •

Divagazioni di Oddone Longo

LO STECCATO

Christian Morgenstern (1871-1914)

*C'era una volta uno steccato,
con spazi vuoti, per spiare.*

*Un architetto, che lo scoprì,
venne una sera lì per lì,*

*gli spazi vuoti ne asportò
e una gran casa ne formò.*

*Lo steccato rimase lì storno,
le stecche senza niente intorno:*

*uno spettacolo tristo e volgare!
Il Comune lo fece sequestrare.*

*Ma l'architetto si rifugiò
in Afri- od in Ameri-cò.*

DER LATTENZAUN

*Es war einmal ein Lattenzaun,
mit Zwischenraum, hindurchzuschauen.*

*Ein Architekt, der dieses sah,
stand eines Abends plötzlich da –*

*und nahm den Zwischenraum heraus
und baute draus ein grosses Haus.*

*Der Zaun indessen stand ganz dumm,
mit Latten ohne was herum.*

*Ein Anblick grösslich und gemein.
Drum zog ihn der Senat auch ein.*

*Der Architekt jedoch entfloh
Nach Afri- od- Ameriko.*

Una situazione paradossale, surrealistica, ma non senza significati più o meno espliciti. Che predica la scindibilità fra pieno e vuoto: un corpo pieno, circondato – ovviamente – dal vuoto (in una dialettica di tipo antico-atomistico); che cosa gli accade se gli viene sottratto il vuoto che lo circonda? Nell'assunto che il vuoto abbia una sua sostanzialità, esso può venire spostato, tolto di dove sta, ma al suo posto non penetra altro vuoto, rimane... il nulla (perché non vale un'equazione vuoto = nulla). Allora l'operazione compiuta col favore delle tenebre dall'architetto in questione, è pienamente sensata, anche se non legittima (e infatti l'architetto è costretto ad espatriare). Se il vuoto ha una sua sostanza, lo si può spostare e destinare per altri scopi, ad esempio per costruirci una «gran casa»: questa, analogamente allo steccato, sarà formata di vuoti e di pieni – ci è consentito pensare, forse anche più di vuoti che di pieni. Comunque la costruzione si fa partendo dai vuoti, i vuoti sono come i mattoni che consentono di mettere insieme i pieni (lasciando dei vuoti all'interno, perché una casa «piena» non sarebbe abitabile). Presentimento, o presa d'atto ironica della nuova architettura, del Bauhaus, di Gropius, Le Corbusier e così via...

Si diceva, l'architetto, fatti i suoi affari – costruita e fors'anche venduta la casa con i vuoti rubati allo steccato – deve fuggire in esilio, perseguito dal mandato di cattura del senato cittadino. In Africa o in America, paesi molto più disponibili ad accogliere la nuova architettura spaziale...

E lo steccato? È quello che sta peggio di tutti: senza più i vuoti che ne facevano, appunto, un insieme di stecche e di intervalli vuoti (che consentivano di spiacciare attraverso, fra l'altro), che cosa ne rimane?

«Stecche, senza niente intorno»: non una catasta di stecche ammassate, perché esse restano dov'erano, solo che lo spazio vuoto originario non c'è più, e non ci sono neppure altri spazi vuoti che vi si siano insinuati. Come se il povero steccato fosse rimasto... in mutande. E la pruderie di un senato ancora *biedermeier* non ne può tollerare l'esposizione in pubblico... •



Casa nella foresta di Frederiksdal vicino a Copenhagen, 1828, dipinto di Christian Morgenstern, antenato omonimo del poeta, vissuto dal 1805 al 1867. Il Lattenzaun, anche se un po' scassato, vi è raffigurato obbiettivamente. Le stecche sono in legno, ma dopo l'asportazione dello spazio intermedio hanno subito un evidente processo di degrado.

BE > THINK > INNOVATE >



Grundfos Oxiperm®, il sistema ideale per combattere la Legionella.

- > Il sistema OXIPERM GRUNDFOS permette la disinfezione dell'acqua in edifici che prevedono il consumo di acqua potabile o la nebulizzazione di vapore acqueo nell'aria da torri di raffreddamento e condensatori evaporativi.

Per maggiori informazioni sui sistemi di dosaggio e disinfezione Grundfos visitare il sito www.grundfos.it

GRUNDFOS 

La serenità del paesaggio della Marca trevigiana riflessa nella pittura rinascimentale di due artisti veneti

Titti Zezza



Giorgione, Pala di Castelfranco.

Si è chiusa l'11 aprile 2010 scorso, a Castelfranco Veneto, una prestigiosa esposizione di dipinti realizzati da quel pittore di altissima perizia quale fu il Giorgione (Zorzi de Chastelfranco in un documento del 1508; Zorzon in un inventario del 1528) a cui la cittadina diede i natali. Realizzata per celebrare i cinque secoli trascorsi dalla morte del pittore, avvenuta a Venezia nell'anno 1510 probabilmente per aver egli contratto la peste all'età di poco più di trent'anni, l'esposizione ha riscosso un notevole successo di critica e di pubblico, premiando così lo sforzo del comitato organizzativo che per l'occasione è riuscito, quasi miracolosamente, a raccogliere numerosi straordinari dipinti del Giorgione, ma anche di altri insigni artisti a lui coevi quali Sebastiano del Piombo, Perugino, Bellini, Tiziano, Raffaello e Dürer, nonché del conterraneo Cima da Conegliano.

La mostra è stata una preziosa occasione per cogliere alcuni caratteri precipi del Rinascimento italiano e veneto in particolare. Le opere, allocate negli spazi museali ricavati all'interno del quattrocentesco palazzetto adiacente al Duomo di Castelfranco, detto Casa di Giorgione per il fregio decorativo del piano superiore ispirato alle *Arti liberali e meccaniche* a lui attribuito, sono state uno dei due poli d'attrazione dello straordinario evento. L'altro polo, invece, era costituito da un unico celeberrimo dipinto del Giorgione, conosciuto semplicemente come la Pala di Castelfranco e collocato in una cappella del Duomo cittadino, rifacimento settecentesco della vecchia parrocchiale dedicata a San Liberale. La Pala rappresenta la Vergine Maria in trono con il Bambino Gesù sulle ginocchia e due Santi ai lati, su un piano sottostante e ritratti l'uno rivestito da un'armatura e l'altro con il saio francescano. Sullo sfondo un paesaggio collinare che rimanda visivamente alla dolce campagna della Marca Trevigiana che si stende attorno a Castelfranco, punteggiata di alberi, castelli e ville rinascimentali e dominata in lontananza dai monti che separano il Veneto dal Trentino.

Nel corpus delle opere realizzate dal Giorgione, prive tutte, tranne una, di firma e di datazione, questa Pala d'altare è una delle poche opere per le quali è possibile risalire con certezza al suo committente e la cui collocazione nella vecchia chiesa di San Liberale è rimasta inalterata nei secoli anche se essa oggi non occupa più il sito originario per il quale era stata commissionata al Giorgione, ma una cappella appositamente allestita nel 1933 a lato di quella dell'Assunta. Spentisi, quindi, i riflettori sulla mostra e disperso il fermento dei visitatori, quest'opera giorgionesca è rimasta ancora là per offrirsi allo sguardo di chi, godendo della pace e del silenzio del luogo, vuol cogliere, attraverso il suo impianto compositivo e la resa pittorica del soggetto, i caratteri salienti di una stagione felicissima dell'arte veneta. Solo sette anni or sono, a Venezia, le Gallerie dell'Accademia avevano allestito un'altrettanto prestigiosa mostra di opere del medesimo pittore proprio a conclusione dell'accurato restauro, l'ennesimo, a cui era stato sottoposto questo celeberrimo dipinto la cui vicenda conservativa risulta assai tormentata. Infatti già all'inizio del XVII secolo le cronache ci dicono che lo stato di degrado della Pala era giunto a tal punto da consigliarne la sostituzione con un altro dipinto, cosa che per nostra fortuna non avvenne.

Per la maggior parte delle altre opere di Giorgione si deve invece giustamente parlare di attribuzioni al pittore basate su combinazioni di dati di carattere stilistico e documentario, mai, però, completamente certe. Solo un gruppo ristretto di dipinti, tra cui l'altrettanto celeberrima *Tempesta* conservata nelle Gallerie dell'Accademia di Venezia, si trova esplicitamente riferito al pittore in elenchi cinquecenteschi, stilati da Marcantonio Michiel, di opere d'arte presenti in alcune case di collezionisti veneziani.

Carenti sono le informazioni anche a proposito di molti affascinanti soggetti dipinti dall'artista che rimangono enigmatici e per questo hanno stimolato la critica esegetica alla ricerca di una loro corretta interpretazione. Basti pensare all'alto numero di ipotesi interpretative di cui è stata oggetto la *Tempesta* medesima. Nel caso della Pala di Castelfranco, invece, il soggetto fu certamente concordato dal committente con il pittore perché il dipinto doveva ottemperare, come vedremo, ad un fine specifico, anche se in essa si possono comunque individuare elementi comuni ad altre opere del medesimo artista, quali la coesistenza di un tema iconografico principale e di uno sfondo paesaggistico che contribuisce non poco al fascino di questo e di altri suoi capolavori. Lo schema compositivo della Pala giorgionesca, con la Vergine, il Bambino e due soli Santi integrati in un unico dipinto, risulta apparentemente semplice se confrontato con altri esempi precedenti di questo genere artistico che insieme alla ritrattistica ebbe a connotare molta parte della produzione artistica del Rinascimento italiano. Infatti predelle e pannelli individuali rappresentanti santi e angeli furono a lungo in auge nelle pale d'altare sino a quando nuovi dettami estetici nel Quattrocento non comportarono la loro progressiva soppressione.

La pala d'altare, diffusasi nel contesto cristiano-cattolico a partire da quando l'officiante aveva iniziato a celebrare la Messa davanti all'altare medesimo, segna una svolta rivoluzio-



Arti Liberali e Meccaniche, Casa del Giorgione, Castelfranco.

naria nella pittura italiana del Quattrocento. Essa soggiaceva ai compiti che era chiamata ad assolvere dalla liturgia oppure alle intenzioni dei committenti, ma anche allo spazio architettonico in cui si veniva a inserire di cui spesso poteva sembrare un'espansione. In essa si era visto affermarsi nel tempo tra i soggetti rappresentati preminentemente quello della Madonna alla quale si accompagnavano sovente Santi dedicatari della chiesa o dell'altare nonché figure angeliche.

L'impianto compositivo dell'opera giorgionesca risulta singolare, avendo il pittore legato in una virtuale unità spaziale, attraverso improvvisi scarti prospettici e di proporzioni, le sacre figure e il paesaggio, disposti su piani diversi. Esso è piramidale, occupato al vertice dal capo di Maria che malgrado sieda su un trono molto alto non sembra dominare la composizione, ma è come se avesse preso posto con estrema naturalezza e semplicità nel contesto ambientale che si spalanca alle sue spalle. È questa una novità che connota la Pala di Castelfranco rispetto a quelle di altri artisti contemporanei tra cui l'anziano maestro Giovanni Bellini, che in quegli anni collocavano il soggetto certo non più su quello sfondo dorato tipico di molte pale del passato, ma entro complesse architetture concepite con innumerevoli varianti.

La costruzione *matematica* dello spazio giorgionesco ci rimanda al trattato di Piero della Francesca intitolato *De prospectiva pingendi*, che era stato edito non molti anni prima, in cui quel pittore tentava di giustificare teoricamente le regole pratiche della prospettiva ormai in uso che consentivano di dipingere figure tridimensionali e scorci paesaggistici secondo un effetto realistico. La tendenza al realismo da parte del Giorgione che inserisce i sacri personaggi umanizzati in un ambiente naturale non solo è frutto di una nuova concezione iconografica, ma anche di una nuova cultura interessata ai motivi della Fisica di Aristotele oggetto di studio, allora, anche nel vicino Studio di Padova. Era il nuovo sapere umanistico che suggeriva al pittore quell'ampia prospettiva la quale darà luogo a straordinarie vedute del paesaggio italiano che raggiunse per la prima volta nel Rinascimento piena bellezza e dignità. È una raffigurazione realistica dell'aria e della luce che attraverso un colore più morbido e sapienti velature tonali riproduce del paesaggio l'effetto della trasparenza atmosferica, del gioco delle ombre in contrasto con la luce solare e i cieli lontani. In Giorgione il colore si farà generatore della forma, senza disegni preparatori, e questa è un'altra straordinaria novità a cui approderà il pittore al culmine del suo processo di maturazione. Gli scorci paesaggistici presenti nei dipinti del pittore di Castelfranco rimandano alle opere del conterraneo Cima da Conegliano di cui un'altra mostra prestigiosa, a pochi chilometri di distanza, sempre nella gioiosa Marca trevigiana, offre allo sguardo del visitatore non pochi capolavori.

Realizzata nelle belle sale del cinquecentesco Palazzo Sarcinelli a Conegliano e aperta al pubblico sino al 2 giugno 2010 essa ha testimoniato con le grandi pale d'altare e le opere devozionali esposte la stupefacente precisione con cui il pittore rappresentò scorci della sua terra natale.

Il paesaggio dipinto dal Giorgione è stato definito *sentimentale*, mentre in Cima la precisione dei dettagli è tale che in mostra fotografie dei panorami di oggi vengono accostate alle opere del Maestro che raccontano il paesaggio di cinque secoli prima con strabilianti analogie. Ecco mura, torri e le dolci colline della sua terra natale ieri come oggi. Cima si rivela un Maestro interessato al dialogo tra l'uomo e la natura, capace di tecnicismi raffinatissimi che si concretizzano in un unico, pacato, fluire di forme a cui il colore sapientemente distribuito dà vita, anche mediante la stesura di numerosi strati per ottenere particolari morbidezze che sono tipiche del tonalismo veneto in età rinascimentale.

Nella Pala di Castelfranco il trono, un semplice sedile marmoreo posto al centro del dipinto, privo di ornamenti, se escludiamo i drappi preziosi che vi sono stesi, separa la Madonna dallo spazio libero alle sue spalle, intriso di luce, disteso, che si fa ambiente appropriato per la collocazione ideale delle figure rappresentate. Esso sembra rimandare a quell'Arcadia bucolica che letterariamente attinge alle opere di Virgilio che circolavano a Venezia dopo la metà del XV secolo, grazie all'invenzione della stampa a caratteri mobili.

Alla fine del Quattrocento l'intenso rapporto con la campagna non era più una novità per lo Stato veneziano e numerose erano le fastose residenze di campagna di quell'entroterra dove il patriziato si rifugiava impegnandosi nella conduzione delle proprietà terriere, ottimo investimento economico di un'evoluta società mercantile, coltivando però al tempo stesso i piaceri dello spirito. Una rinnovata età dell'oro che ebbe la sua raffigurazione letteraria contemporanea nel testo di Iacopo Sannazzaro intitolato appunto *Arcadia* e pubblicato a Venezia nel 1504 in cui si ritrova l'antico ideale classico della vita di campagna intesa come correttivo alla corruzione, all'intrigo e ai malesseri serpeggianti nella società urbana. Il formato della Pala tende al quadrato, lontano ormai dall'ascensionalità gotica, ed è di medie dimensioni (200x144 cm) in quanto realizzata, come già detto, per l'altare di una piccola cappella privata, quella della nobile famiglia Costanzo le cui origini erano siciliane.

Ai piedi dell'altare dell'attuale cappella c'è oggi la lastra tombale di Matteo Costanzo, un tempo collocata su una parete della cappella originaria: una scultura a bassorilievo che ritrae il giovane in arme con elmo ai piedi, lui che era stato guerriero al servizio della Repub-



Giorgione, *La tempesta*.



Giovanni Bellini, *Madonna degli alberetti*.



Cima da Conegliano, *Madonna in trono e santi*.



blica veneta ed era morto prematuramente di febbri a Ravenna a seguito della dura campagna militare del 1498, quella del Casentino, combattuta dai veneziani contro Firenze. In essa, malgrado l'età, Matteo aveva avuto un ruolo cospicuo poiché si sa da fonti documentarie che egli comandava cinquanta lance e disponeva, come gli altri cavalieri, di due fanti armati di lancia. Sono quelli che a destra nel paesaggio della Pala, parlando tra di loro, forse ricordano tristemente il loro capitano morto? A sua memoria il padre Tuzio Costanzo dedicò amorevolmente al figlio, oltre alla suddetta lastra tombale come si evince dall'epigrafe, certamente anche la pala commissionata al Giorgione. Tuzio era nato a Messina, ma si era poi trasferito a Cipro coadiuvando la veneziana regina Caterina Cornaro nel governo dell'isola come già aveva fatto il padre di costui, Mutio, che fu ammiraglio e viceré di Cipro. Quindi, prima che la regina nel 1489, morti il marito e il figlioletto, rinunciasse non senza sofferenza all'isola in favore di Venezia, ottenen-

do in cambio da quest'ultima un appannaggio annuo e la signoria su Asolo, egli si era stabilito in Castelfranco entrando al servizio della Serenissima e guadagnandosi gran fama di condottiero (*prima lanza d'Italia* lo definì il re di Francia Luigi XII), senza però ottenere mai più il permesso di ritornare nell'amata isola per godere degli enormi beni patrimoniali che ivi possedeva. La città lagunare che aveva aspirato a lungo, rivaleggiando con Genova, al possesso dell'isola sia per la sua posizione strategica che per le sue ricchezze minerarie e agricole, sfruttate poi intensamente dalla Serenissima, temeva probabilmente un'intromissione di Tuzio Costanzo negli affari di Stato. Nel castello che domina la nobile cittadina di Asolo adagiata sui ridenti colli circostanti e poco distante da Castelfranco, Caterina Cornaro, a cui Tutio Costanzo faceva visita di tanto in tanto, vivrà fino al 1510, anno anche della sua morte, dando vita ad una sfarzosa corte che riunì letterati e scienziati tra cui il Bembo e lo stesso Sannazzaro, mentre il governo di Cipro sarà retto saldamente dai Veneziani dal 1489 al 1570. Nella Pala d'altare commissionata da Tuzio al Giorgione uno dei due Santi, separati fisicamente dall'ampia veduta paesaggistica alle spalle della Madonna mediante un diaframma monocromo, un drappo di velluto rosso cupo teso ai lati del basamento del trono, è stato identificato, grazie alla bandiera da combattimento dei cavalieri dell'Ordine di San Giovanni che egli sostiene con una mano, come San Nicasio, un Santo guerriero gerosolimitano. Sappiamo che a quel medesimo Ordine appartenevano sia un altro figlio che il fratello del committente, entrambi residenti in Sicilia dove San Nicasio era venerato, soprattutto a Palermo e a Messina, assieme a san Francesco che pure è presente nella tavola a destra. I due Santi fiancheggiano una sorta di cassone collocato sotto il trono della Madonna, che secondo un'ipotesi interpretativa oggi pressoché unanimemente condivisa sarebbe da leggere come un sarcofago in porfido bruno-rossastro. Tale materiale lapideo, ritenuto in Sicilia più che altrove simbolo regio (basti ricordare il sepolcro di Federico II a Palermo), doveva essere allusivo della nobiltà della famiglia Costanzo, le cui insegne sono evidenziate sul medesimo. È uno tra i tanti esempi dei significati nascosti a cui il pittore ricorse nelle sue opere rendendo più suggestivo il valore

della sua pittura che risulta nel complesso spesso elusiva. Quel sarcofago doveva racchiudere idealmente le spoglie del giovane Matteo Costanzo e su di esso sembrano convergere gli sguardi assorti e tristi di Maria e del piccolo Gesù i quali tradurrebbero visivamente lo stato d'animo dei congiunti. Da tale ipotesi interpretativa sostanzialmente è scaturita una indicazione riguardo all'anno di realizzazione della Pala che sarebbe avvenuta dopo la morte del giovane. Due altri elementi potrebbero contribuire alla datazione del dipinto: la data della lastra tombale e quella dello stationamento delle truppe veneziane a Ravenna dopo la guerra del Casentino. Ma per entrambi gli elementi non c'è certezza assoluta. La lastra tombale porta, sì, una data, letta sinora come 1504 (*MDIIII mensis augusti*) che, però, alla luce degli ultimi studi, si ritiene frutto di un errore da parte del lapicida che la realizzò. Costui potrebbe aver fuso l'indicazione dell'anno e del giorno e quindi tale data sarebbe da leggersi diversamente secondo varie combinazioni, tra cui «*MD IIII mensis augusti*», vale a dire «quattro agosto del 1500».

L'altro elemento è il riferimento documentario alla morte del giovane avvenuta a Ravenna dove a metà del 1499 parte dell'esercito veneziano si era ritirato. Da questi dati scaturirebbe la collocazione temporale dell'opera, assai importante per gli storici dell'arte, che oggi si vuole essere attorno al 1500, non fondata, però, su una base oggettiva certa, bensì su un'ipotesi interpretativa di elementi documentari a disposizione. È una delle questioni di metodo che agitano di quando in quando la storia dell'arte dimidiata tra valutazioni stilistiche e interpretazioni di fonti documentarie. Anche nel caso di questo dipinto è la scarsità di documenti relativi alle opere del Giorgione che ha comportato nel tempo varie ipotesi interpretative sia del soggetto che della sua datazione, ipotesi le quali, unitamente a quelle relative ad altri dipinti, connotano la sterminata bibliografia sull'artista.

Resta comunque inalterato l'altissimo valore estetico, iconografico, culturale della Pala di Castelfranco in cui l'unità dello spazio parzialmente chiuso che la prospettiva geometrica ha superbamente creato risulta ulteriormente esaltata dalla luce naturale che investe i soggetti, elemento questo di grande novità rispetto alla tradizione pittorica precedente. Malgrado tutta la produzione pittorica del Giorgione sia racchiusa in soli tre lustri essa ebbe a influenzare profondamente i contemporanei.

«Tutta l'arte veneziana sembra infiammata dalla sua rivelazione» dice D'Annunzio ne *Il fuoco*, ma influenzate saranno anche le generazioni future sino alla tecnica impressionista ottocentesca. Pur apprezzando le sue mirabili qualità formali ed evocative sarà infatti in particolare l'uso sapiente che il pittore fece del colore, come d'altro canto aveva fatto anche Cima da Conegliano, che verrà imitato dagli artisti del tempo dando luogo in epoca rinascimentale al cosiddetto tonalismo veneto di carattere realistico, di cui Giorgione e Tiziano sono i massimi esponenti. Per questo la storia dell'arte ha riconosciuto l'alto valore delle opere di questo pittore tra cui in particolare quello di questa magnifica Pala espressione significativa e irripetibile della civiltà del Rinascimento. •



Megaloop

Trent'anni di Tam Teatromusica

A cura di Giorgia Roviato

Presso il Centro Culturale Altinate/San Gaetano di Padova si è svolta la rassegna **Megaloop – 30 anni di Tam Teatromusica**: una mostra coadiuvata dalla pubblicazione di una monografia, da tavole rotonde, workshop, performance teatrali, oltre che dal compimento di un archivio storico.

La storica compagnia padovana, a compendio di 30 anni di attività, ha presentato tutta la propria identità in un allestimento che ha unito musica, arti visive, corpo, il tutto strettamente collegato in un insieme armonico.

A partire dai materiali e dai bozzetti che precedono la realizzazione di un'opera, distinti in schemi geometrici e colori che ne fanno partiture sonoro-visive. Videoproiezioni e monitor hanno mostrato i lavori realizzati nell'arco di tempo che va dal 1980 al 2009.

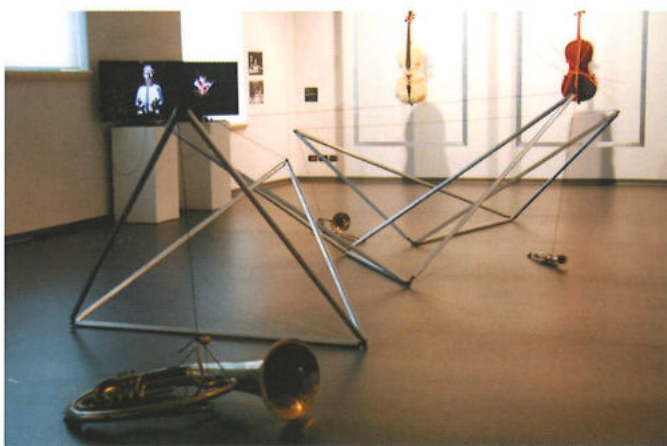
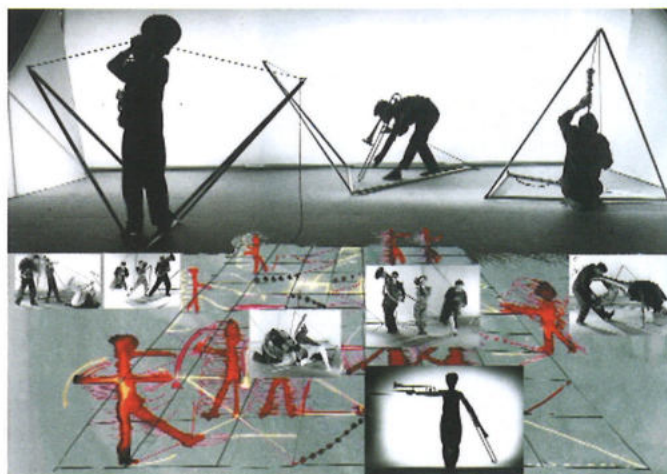
Le ampie sale sono state arricchite dagli oggetti scenici, decontestualizzati dagli spettacoli cui appartenevano e messi così in luce nella loro forma pura, nei loro significati, nei materiali che li hanno composti, nei valori cromatici, protagonisti di una lettura che li ha posti al centro di un rapporto fra lo spazio e il tempo.

Il materiale scenico presente, oltre al carattere visivo bidimensionale, ha proposto quello installativo tridimensionale-scoltoreo. E in questo viene in aiuto la moderna tecnologia, con coinvolgimenti grafici d'effetto che hanno reso lo spettatore protagonista e immerso in un *continuum* di sollecitazioni visive e intellettive.

La scoperta di Megaloop – il cui percorso è stato curato da Riccardo Caldura insieme a Pierangela Allegro e Michele Sambin – è una stimolante ricerca di sempre nuove strade tecniche e grafiche, con video, sonorità, computer-grafica, allestimenti tutti da scoprire, che hanno toccato temi come il sociale e l'individuo in un'interpretazione attuale e futuristica allo stesso tempo.

Fra le numerose iniziative legate a **Megaloop**, il workshop **Dipingere la luce** sull'applicazione della pittura di luce, un dispositivo messo a punto da **Michele Sambin** – direttore della storica compagnia – per disegnare e dipingere la scena in tempo reale, sostituendo gli impianti tradizionali con una forma illuminotecnica innovativa. Presente in molti dei più recenti lavori di **Tam**, esprime in modo equilibrato e sorprendente la sua relazione in rapporto alla scena e il dialogo in tempo reale con lo spazio, il suono e le azioni dei performer. Il merito è stato quello di riuscire a trasmettere i trent'anni di attività senza dare vita a una mostra puramente documentaristica, ma restituendola creativamente così da coinvolgere il visitatore e presentare nuovi approcci a una grafica tecnologica.

L'iniziativa è stata organizzata dal **Comune di Padova – Assessorato alla Cultura** in collaborazione con la **Regione Veneto** e partner **Fondazione Cassa di Risparmio di Padova e Rovigo**, il **Corso di Laurea Dams Discipline delle Arti della Musica e dello Spettacolo dell'Università di Padova**, il **Ministero per i Beni e le Attività Culturali**, l'**Arteven Circuito Teatrale Regionale**, il **Progetto Giovani del Comune di Padova**. •



Padova
Palazzo Zabarella
2 ottobre 2010
27 febbraio 2011

da Canova a Modigliani il volto dell'Ottocento

Fondazione
Bano
Fondazione
Antonveneta

Regione del Veneto
Provincia di Padova
Comune di Padova
Sotto l'Alto
Palazzina
del Presidente
della Repubblica

www.palazzozabarella.it

Padova, Palazzo Zabarella
2 ottobre 2010 - 27 febbraio 2011



Antonio Canova
Napoleone
Bonaparte
Primo console
1802



Giacomo Grosso
All'aria aperta, 1902

**Cento ritratti,
cento storie,
cent'anni di
straordinaria
arte, da Canova
a Modigliani**



Amedeo Modigliani
Hanka Zborowska, 1917

Canova e Modigliani. Personalità che più diverse non si può, così come diversissimo è il mondo che rappresentano.

Eppure tra i due non passa più di un secolo, cent'anni, un soffio nella storia.

Ma furono cent'anni particolari, di cambiamenti mai prima vissuti, cent'anni di sconvolgimenti che, nel bene o nel male, hanno letteralmente stravolto la geografia stessa del mondo.

Anche per questo la mostra di Palazzo Zabarella ha il fascino di una grande, domestica epopea, un potente, ammaliante racconto per immagini.

Capace di trasmettere, come solo i grandi artisti e i grandi registi sanno fare, storie, sentimenti, personalità unicamente utilizzando un particolare, uno sguardo, un volto.

Ad essere ritratti non sono re e regine, generali o prelati ma uomini e donne della borghesia, a rimarcare come la Storia sia fatta di tante, apparentemente piccole, storie.

Vengono in mente certi romanzi di Stendhal, Tolstoj, Thomas Mann ma soprattutto di Manzoni e d'Annunzio. E, non a caso, viene in mente il cinema. Non a caso, perché taluni di questi ritratti costituirono modelli per inquadrature celebri, di Visconti, per fare un nome, il Visconti di Senso, de Il Gattopardo o di Morte a Venezia.

Questi oli, bellissimi, trasmettono vitalità, gioia, passione, raccontano stati d'animo, incidono personalità. Torna in mente la ricerca del volto dell'anima.

Personaggi noti e sconosciuti, messi in posa o ripresi, tanto per tornare al linguaggio cinematografico, in interni fastosi, in atti e atteggiamenti mondani o introspettivi, da soli o in gruppi familiari. Accoccolati su una panca di legno con accanto tre libri gialli e un cappello verde oppure parte di composizioni dove il paesaggio vale le figure che lo popolano.

E accanto agli oli le sculture, a comporre un dialogo perfetto, senza nessuna calata di tono, e a suggerire un sottile gioco di rinvii tra artisti ma anche tra effigiati, un ideale salotto che accoglie, di volta in volta, serate mondane, incontri familiari o di seduzione ma anche pause di tranquilla solitudine.

Nel secolo in cui torna potente la ricerca del vero, quasi un'ansia di scoprire la psiche umana, Canova e Modigliani demarcano i due confini temporali ma significativamente si incontrano nella scelta di idealizzare il ritratto.

Canova, rendendo sublime il gusto per la perfezione classica, idealizza i potenti che ritrae, trasformandoli in moderni dei di un nuovo Parnaso. Modigliani allungando i colli, come non aveva osato nemmeno Parmigianino, propone, in pittura, una nuova dimensione che sembra fare sintesi della modernità di Picasso e Matisse. Non a caso, entrambi proiettarono sulla scena internazionale, il primo per committenza e consacrazione, il secondo perché «italiano a Parigi», come de Nittis o Boldini.

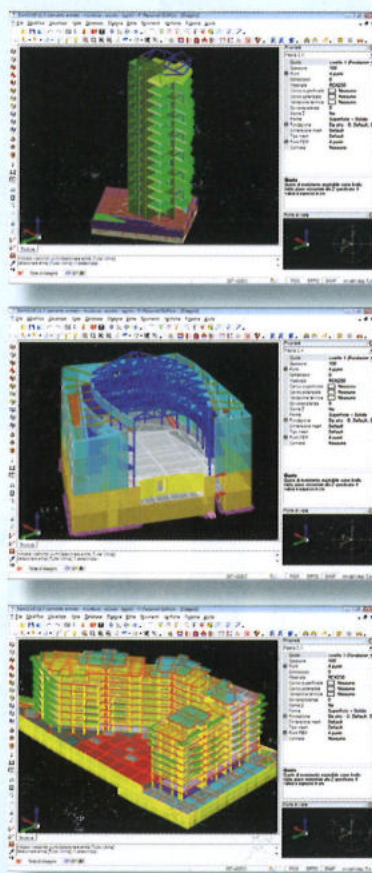
Tra Canova e Modigliani la mostra svela un secolo di artisti. Appiani, Hayez, Boldini, Boccioni, Thorvaldsen, Bertolini, Ingres, Molteni, Piccio, Fattori, Lega, Zandomenighi, Cremona, Ranzoni, Pellizza da Volpedo, Tito, Corcos, Balla e Severini tra gli altri.

È sicuro che dopo aver visitato questa mostra nessuno, ma proprio nessuno, potrà più pensare al ritratto come genere minore, anzi! •



SismiCad 11.

Per uscire dal labirinto del calcolo strutturale.



SismiCad 11, frutto ormai di vent'anni di esperienza con i professionisti del settore, è l'evoluzione di un affermato prodotto per il calcolo di strutture in cemento armato, murature, acciaio e legno. La sua potenza di calcolo, il solido solutore ad elementi finiti, le prestazioni di altissimo livello e l'estrema facilità di input, anche in AutoCAD LT® lo rendono un prodotto di riferimento continuamente aggiornato. Dotato, tra il resto, di funzioni al top come le verifiche secondo le **Norme Tecniche per le Costruzioni 2008**, gli indicatori di rischio sismico, l'analisi pushover con modellazione a fibre anche per le murature, ti sorprenderà per la capacità di portarti in brevissimo tempo verso un risultato, sia per strutture semplici che per le più complesse. Disegni esecutivi delle armature, relazione di calcolo e computo delle quantità, in pochi affidabili passi. Il tutto integrato in **un unico pacchetto che certamente può aiutarti ad uscire dal labirinto del calcolo strutturale.**



SismiCadUndici
L'evoluzione.

Con importazioni da:

Revit GRAPHISOFT
ARCHICAD 12
a Visual Building Solution
ARCHline XP
HEIMESCHER
Alplan

Concrete srl

Via della Pieve, 19 - 35121 - Padova - Tel 049 87 54 720 - Fax 049 87 55 234



Download demo gratuito

www.concrete.it - commercial@concrete.it



P R E F A B B R I C A Z I O N E D A L 1 9 4 3

**Capannoni industriali, artigianali, commerciali ed agricoli. Coperture piane a doppia pendenza, shed
Cisterne cilindriche e quadrangolari per vino, acqua ed impianti di depurazione**



SEDE E UFFICI

VIA ROMA, 46 - 35014 FONTANIVA (PD) - TEL. 0495 942 011 R.A. - FAX 0495 941 55

<http://www.nicovelo.it> - E-mail: info@veloprefabbricati.com

